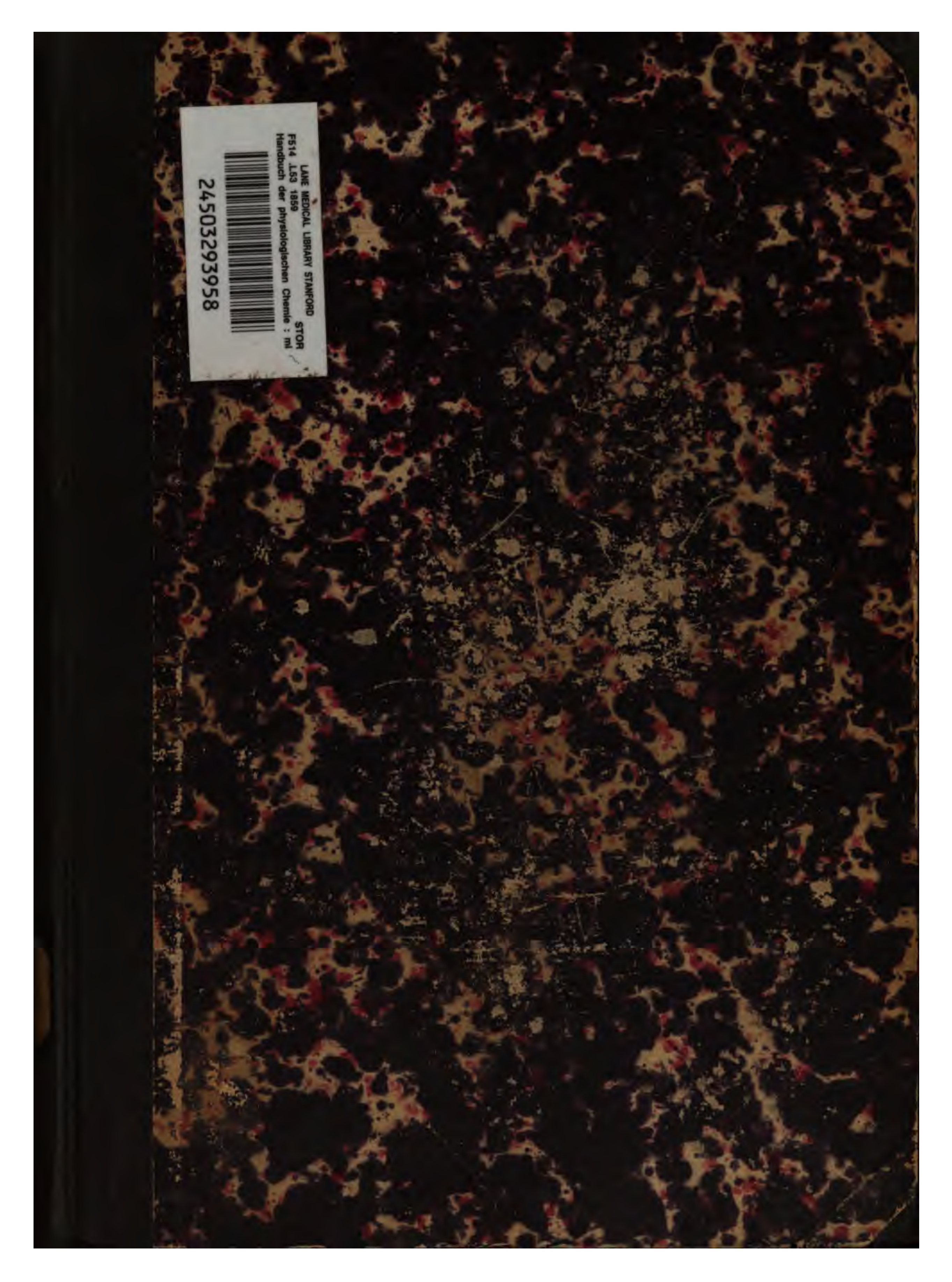



LANE MEDICAL LIBRARY STANFORD
STOR
F514 .L53 1859
Handbuch der physiologischen Chemie : mi
24503293958

HANDBUCH

DER

PHYSIOLOGISCHEN CHEMIE.

Dr. L. C. Lane
Halle March 7 1860

HANDBUCH

DER

PHYSIOLOGISCHEN CHEMIE

MIT

BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG

DER

ZOOCHEMISCHEN DOKIMASTIK

VON

Dr. C. G. LEHMANN,

PROF. DER CHEMIE AN DER UNIVERSITÄT JENA.

ZWEITE DURCHGÄNGIG VERMEHRTE UND VERBESSERTE AUFLAGE.

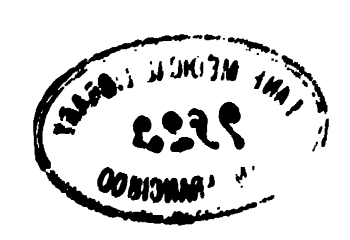
MIT 51 FIGUREN IN HOLZSCHNITT.

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1859.

M.



Vorwort zur ersten Auflage.

Wir haben in dem vorliegenden Werkchen den Versuch gewagt, die positiven Thatsachen, welche für jetzt als sichres Besitzthum der physiologischen Chemie angesehen werden können, in möglichst gedrängter Form zusammenzustellen, und nur die Schlussfolgerungen zur Geltung zu bringen, welche unsern heutigen physikalischen Anschauungen nach den Stempel relativer Wahrheit an sich tragen.

Des regsten Eifers ungeachtet, mit welchem heute in so erfreulicher Weise von den verschiedensten Seiten her die physiologische Chemie cultivirt wird, und trotz mancher ausgedehnter Arbeiten und Abhandlungen über einzelne der wichtigsten Capitel dieser Disciplin sind wir doch leider zu dem Geständniss genöthigt, dass bis jetzt nur wenig unbestrittene Thatsachen, nur wenig unzweifelhafte Sätze festgestellt sind. Wir mögen daher selbst nicht entscheiden, ob der Versuch gelungen, das Gebiet der physiologischen Chemie in kurzem Abrisse darzustellen, da der festen Marken noch zu wenige, der Lücken aber unzählige sind. Wollte man sich nicht in das Bereich der Abwägungen und Discussionen einlassen, so mussten eine Menge wichtiger Fragen wo nicht unbeachtet,

doch unbeantwortet bleiben. Ist man ja doch eigentlich heute erst in der physiologischen Chemie dahin gelangt, richtige Fragen zu stellen, deren Beantwortung zum Theil selbst die nächste Zukunft noch nicht verspricht.

Ist es an sich schon schwieriger, einen Gegenstand in Kürze zu erschöpfen, als sich weitläufig über denselben zu verbreiten: so hat die eben berührte Mangelhaftigkeit unsrer physiologisch-chemischen Kenntnisse die Schwierigkeit noch vermehrt, diese Disciplin in ihren Grundzügen darzustellen. Wir hoffen daher auf Nachsicht, wo wir zu viel oder zu wenig gethan haben sollten.

Wir haben durchaus vermieden, Namen von Forschern und Autoritäten anzuführen, da solche Anführungen nur die gedrängte Kürze, die wir beabsichtigten, und die rein objective Behandlung der einzelnen Gegenstände beeinträchtigt haben würden. Deshalb haben wir auch nirgends etwa unsre eignen Untersuchungen hervorgehoben oder auf unser grösseres Werk (Lehrb. der physiologischen Chemie. 3 Bde. Leipzig 1853, bei W. Engelmann) verwiesen, wohl aber überall, wo es passend schien, den vortrefflichen »Atlas der physiologischen Chemie von O. Funke, Leipzig 1853 bei W. Engelmann« citirt.

Leipzig, im Mai 1854.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Obgleich der Plan des Werks bei Bearbeitung der neuen Auflage im Wesentlichen der frühere geblieben ist, so glaubte der Verf. doch, durch ein näheres Eingehen auf die Erkennungsmittel der einzelnen thierischen Stoffe das Buch im chemischen oder physiologischen Laboratorium brauchbarer zu machen. Er hat daher in der zoochemischen Abtheilung den chemisch-analytischen und den mikroskopisch-mechanischen Methoden besondere Berücksichtigung zu Theil werden lassen. Der Ausdruck »Dokimastik« soll eben die Gesammtheit der chemischen und mikroskopischen Hülfsmittel zur Erkennung der thierischen Stoffe bezeichnen.

Nach des Verfassers Auffassungsweise (vergl. S. 2 und 193) darf die Zoochemie d. i. der erste Theil der physiologischen Chemie nicht als einfache Sammlung oder Zusammenstellung der aus der allgemeinen Chemie bekannten Thatsachen betrachtet werden. Diess ist indessen oft genug geschehen und geschieht noch heute; ja selbst in sog. Anleitungen zur zoochemischen Analyse hat man es nicht für überflüssig gehalten, die Darstellungsweisen und Eigenschaften der einzelnen chemischen Stoffe noch weiter abzudrucken. Man hätte es doch

wohl für selbstverständlich ansehen müssen, dass derjenige, welcher sich vornimmt, Chemie auf Physiologie oder irgend eine andre Disciplin anzuwenden, sich vorher mit der Chemie selbst vertraut gemacht haben müsse. Wer beim Studium der chemischen Vorgänge im lebenden Körper erst die Elemente der Chemie einstudiren will, verfährt sicher nicht minder verkehrt, als jener, der beim Studium der römischen Archäologie erst die lateinischen Declinationen und Conjugationen einüben wollte.

Durch ein blosses Wiederkäuen der aus der reinen Chemie entlehnten Thatsachen so wie der Anfangsgründe der analytischen Chemie würde der Verf. nur ein Monstrum per accessum erzeugt und durch die hohle Aufblähung mit selbstverständlichen Dingen das Wesentliche der Zoochemie nur unkenntlich gemacht zu haben glauben. Muss doch der gleiche Grundsatz auch beim praktischen Unterrichte im Laboratorium festgehalten werden: nicht eher sollen physiologisch-chemische Arbeiten unternommen werden, als bis eine hinlängliche Bekanntschaft mit der organischen Chemie überhaupt und mit der qualitativen Analyse insbesondre erlangt worden ist. Hätten Lehrende wie Lernende diesem Grundsatze Rechnung getragen, die Zahl unsaubrer Untersuchungen wäre in der physiologischen Chemie gewiss nicht so gross, als sie es leider ist.

Fern von jener Marktschreierei, womit heutzutage oft genug in Lehrbüchern Chemie ohne physikalische, Physik ohne mathematische Vorkenntnisse zu lehren versprochen wird, kann der Verf. das vorliegende Werkchen denen keineswegs empfehlen, welche der oben bezeichneten Kenntnisse baar sind.

Würden wir des Mikroskops auch nicht benöthigt sein bei der chemischen Untersuchung thierischer Gewebe und der

morphotischen Elemente thierischer Flüssigkeiten, so wäre uns dieses Instrument doch immerhin unentbehrlich zur zoochemischen Dokimastik; denn wie oft verschafft es uns über die Anwesenheit gewisser Stoffe noch da Aufschluss, wo selbst die feinsten chemischen Reagentien uns im Stich lassen? Bei Bearbeitung dieser neuen Auflage konnten wir uns deshalb auch der Pflicht nicht entziehen, dem dokimastischen Theile derselben Abbildungen der bezüglichen mikroskopischen Objecte beizugeben. Die Zeichnungen sind von Hrn. Dr. Hiller, Assistenten am hiesigen Laboratorium, mit ebenso grosser Dexterität als umständlicher Sorgfalt ausgeführt worden; wenn an denselben hie und da ein Tadel bemerkbar sein sollte, so treffe dieser lediglich den Verfasser. Des letzteren Streben war es, die morphotischen Objecte so zur Anschauung zu bringen, wie sie sich bei zoochemischen Untersuchungen dem bewaffneten Auge wirklich darzustellen pflegen d. h. weder idealisirte Formen abzubilden, noch auch nur solche Formen, in welchen die krystallisirbaren Stoffe sich im reinsten Zustande ausscheiden. Was den letztren Punkt betrifft, so hat man es nämlich oft genug für ausreichend gehalten, die abzubildenden Stoffe ohne weiteres aus der Sammlung chemischer Präparate zu entlehnen. Man zeichnet dann häufig Formen, wie sie in der zoochemischen Praxis nie oder höchst selten vorkommen (Leucin). Das Mikroskop ist aber gerade in den Fällen besonders hülfreich als dokimastisches Mittel, wo chemische Stoffe nicht vollkommen rein zu erhalten oder nur in so geringen Mengen zur Anschauung zu bringen sind, dass chemische Mittel zu deren Erkennung nicht ausreichen (Taurin in den Excrementen). Obgleich aus diesem Grunde vorzugsweise die Formen berücksichtigt sind, in welchen sich die Stoffe aus thierischen Extracten wirklich auszuscheiden pflegen, so wurden

doch die der chemisch reinen Materien nicht unbeachtet gelassen. Wir glauben die Formen so gewählt zu haben, dass, wer einigermaassen mit Krystallographie vertraut ist, sich leicht eine Vorstellung von den betreffenden Combinationen der Krystallgestalten wird machen können.

Das Zeichnen mikroskopischer Krystallformen hat eigne Schwierigkeiten; denn nur zu leicht kann man bei übrigens ganz richtiger Auffassung der wahren Gestalt in ein Idealisiren derselben verfallen. Trotz allen Strebens, die Krystalle nur in der Projection d. h. so aufzufassen, wie sich das Bild dem bewaffneten Auge wirklich darstellt, wird sich unbewusst immer unser Urtheil einmengen, und man wird oft gegen den Augenschein geneigt (wenn auch nur durch stärkeres Markiren einer einzigen Linie), die mathematische Form deutlicher und das Bild plastischer zu machen. Es bedarf wohl keiner Erwähnung, dass die Krystalle bei der mittleren Einstellung des Mikroskops und mittelst Obj. 7 Oc. 2 eines Oberhäuser'schen Instruments aufgenommen worden sind. Besonders hervorzuheben, dass die Zeichnungen nur nach von uns dargestellten Objecten ausgeführt sind, würden wir für unwürdig halten, wenn man in der neuern Literatur nicht immer und immer wieder Copien älterer Originale (meist den trefflichen Atlassen *Robin's* und *Verdeil's* oder *O. Funke's* entlehnt) begegnete. Formen von Körpern abzubilden, die entweder nichts Characteristisches bieten (z. B. von reinem Harnstoff) oder durch chemische Mittel leichter als durch das Mikroskop erkannt werden (z. B. Glykocholsäure), ist unterblieben, da der Verf. hier lediglich den dokimastischen Zweck im Auge hatte; dagegen sind in den 51 Holzschnitten 16 Zeichnungen von Objecten enthalten, die unsers Wissens bisher noch nicht bildlich dargestellt waren, die uns aber gerade zum Zwecke der

Diagnostik sehr wichtig erschienen. Von einer bildlichen Darstellung histiologischer Objecte glaubten wir in diesem auf einen kleinern Raum berechneten Werke um so mehr absehen zu dürfen, als keinem, der mit physiologischer Chemie sich beschäftigen will, die Elemente der thierischen Gewebslehre ganz fremd sein dürfen.

Da dieser neuen Auflage nur die eigentliche Dokimastik zoochemischer Stoffe einverleibt werden sollte, so ist von einem nähern Eingehen auf die quantitative Analyse abgesehen worden. Verf. ist überhaupt der Ansicht, dass dem Anfänger, für den dieses Werkchen bestimmt ist, der Versuch quantitative Analysen zu unternehmen, so lange vorenthalten wird, als er nicht allseitig zu solchen Untersuchungen vorbereitet ist. Gerade in der Voreiligkeit, mit der oft ungnügend Unterrichtete sich quantitativen zoochemischen Forschungen unterzogen haben, suchen wir einen Hauptgrund des oben berührten Excesses unbrauchbaren Materials, an dem die physiologische Chemie leidet Dieser Excess ist nicht vermindert worden durch das jetzt so beliebte Titriren. Denn so wichtig, ja unersetzlich das volumetrische Verfahren in den Händen des Chemikers ist, so viel Wirrsal hat es doch schon in die pathologische Chemie gebracht.

Wir haben in dieser neuen Auflage auch der Literatur einige Rücksicht gewidmet und deshalb die wichtigern Quellen citirt oder wenigstens die betheiligten Forscher namhaft gemacht. Hierbei mag nicht unerwähnt bleiben, dass der Verf. seine eignen Arbeiten (mit Ausnahme zweier Fälle aus besondern Gründen) nie citirt, noch seinerseits gemachte »Bestätigungen« besonders hervorgehoben hat, theils weil er das, wofür nicht besondre Auctoritäten angeführt sind, selbst vertreten zu können glaubt, theils weil er auch den Schein des Ver-

fahrens jener Schriftsteller vermeiden wollte, die dem Kukuk gleich fortwährend ihren eignen Namen wiederholen, diesem aber entgegengesetzt, oft genug fremde Eier im eignen Neste (wenn auch zu Monstris) auszubrüten versuchen.

Je jünger, je unvollendeter eine naturwissenschaftliche Disciplin ist, desto mehr bedarf sie einer sorgfältigen Experimentalkritik; je kürzer, je gedrängter die Darstellung einer solchen Disciplin sein soll, desto umsichtigerer experimenteller Prüfung bedürfen ihre einzelnen Gebiete. Diese Gesichtspunkte im Auge glaubt der Verf. versichern zu können, dass das vorliegende Werkchen mehr am Experimentirtische, als im Studirzimmer entstanden ist.

Möge dasselbe mit dazu beitragen, dass die Behauptung einiger Physiker und Chemiker Lügen gestraft werde, die physiologische Chemie sei nichts als ein Conglomerat unsaubrer Beobachtungen und luftiger Hypothesen! Möge dasselbe bei jüngern und ältern Aerzten ein eingehenderes Verständniss der physiologischen Chemie vermitteln, so dass diese Disciplin bei ihnen nicht als blosser Modeartikel, sondern als wahre Hülfsdisciplin Geltung erlange: Möge somit die Medicin auch von chemischer Seite jener exactern Forschungsmethode zugeführt werden, die von andrer Richtung her bereits soviel zu dem heutigen Aufschwunge der wissenschaftlichen Heilkunde beigetragen hat.

Jena, Ende Mai 1859.

C. G. Lehmann.

Inhaltsverzeichniss.

Verzeichniss der Abbildungen.

EINLEITUNG.

Begriff der physiologischen Chemie.

Unter *physiologischer Chemie* begreifen wir die Lehre von den chemischen Vorgängen im lebenden Organismus; diese Disciplin wird sich daher nicht blos mit den chemischen Grundlagen lebender Organismen zu beschäftigen haben, sondern hauptsächlich mit dem gegenseitigen Aufeinanderwirken der chemischen Bestandtheile und der Einwirkung der Aussenwelt auf dieselben beim Ablaufe der eigentlichen Lebensprocesse.

Pathologische Chemie.

Wenn wir die sogenannte *pathologische Chemie* nicht als gesonderte Disciplin, sondern als integrirenden Bestandtheil der physiologischen Chemie betrachten, so rührt dies daher, weil sich zwischen beiden keine scharfe Grenze ziehen lässt, weil ferner die Gesetze, welche bei Erklärung der Lebenserscheinungen überhaupt ihre Anwendung finden, dieselben sind im physiologischen wie im pathologischen Zustande und die Verschiedenheit der Erscheinungen lediglich von der Verschiedenheit der äussern Bedingungen abhängt.

Physiologische Thierchemie und Pflanzenchemie.

Physiologische *Thierchemie* und physiologische *Pflanzenchemie* müssen dagegen streng von einander getrennt werden, so vielfache Berührungspunkte auch beide Disciplinen mit einander haben mögen; wie die Objecte derselben, so sind auch die wesentlichsten chemischen Processe, deren Ergründung das Ziel der Forschung ist, in beiden durchaus verschieden. Die nähern Beziehungen, in welche das Thierleben zum Pflanzenleben tritt, bilden ein besonderes Capitel der chemischen Zoophysiologie.

Eintheilung der physiologischen Thierchemie.

Die physiologische Thierchemie zerfällt in *drei Abschnitte*: die Lehre von den chemischen Substraten, die Lehre von den thierischen Säften und Geweben und die Lehre von den zoochemischen Processen.

Diese Eintheilung ist keine willkührlich systematische; sie folgt vielmehr mit Nothwendigkeit aus der Natur der Sache.

Zoochemie im engern Sinne.

Den ersten Theil, gewissermaassen die Basis der gesammten physiologischen Chemie, die Lehre von den chemischen Substraten des Thierkörpers, bezeichnet man im engern Sinne des Worts als Zoochemie. Wir vermögen den Chemismus des thierischen Stoffwechsels in allen seinen Formen nicht zu verstehen, wenn wir nicht genau die Stoffe kennen, welche im Thierkörper eine Rolle spielen, d. h. ebensowohl die wesentlichen Bestandtheile derselben, als jene Stoffe, welche, von Aussen zugeführt, mit den ersteren in Wechselwirkung treten.

Zu einer gedeihlichen Bearbeitung der Zoochemie müssen zwei Gesichtspunkte festgehalten werden, nämlich der chemische und der physiologische. Ohne die genaueste Kenntniss aller chemischen Beziehungen einer Substanz ist die Beurtheilung ihres physiologischen Werthes unmöglich; allein die nackte Mittheilung aller aus der reinen Chemie entlehnten Thatsachen, welche die einzelnen zufällig im Thierkörper vorkommenden Stoffe betreffen, ist noch keine Zoochemie; denn ihr fehlt der wichtigste Gesichtspunkt, der physiologische. Die Zoochemie soll nicht ein Compendium der aus der reinen Chemie zusammengerafften Thatsachen und Lehrsätze sein; diese müssen im Gegentheil als völlig bekannt vorausgesetzt werden, wenn von einem physiologischen Verhalten derselben die Rede sein soll. Wir übergehen daher auch in dem Folgenden jenen Theil der Zoochemie gänzlich, der nichts weiter als ein beschränktes Excerpt aus der organischen Chemie sein würde. Denn zum Studium der Zoochemie dürfen eben nicht blos jene Stoffe bekannt sein, welche zufällig Bestandtheile des thierischen Organismus sind, sondern dasselbe erfordert zugleich eine innige Vertrautheit mit der gesammten theoretischen Chemie.

Sie erörtert nicht blos die chemische Qualität, sondern auch die physiologische Bedeutung der Bestandtheile des Thierkörpers.

Begriff des physiologischen Werths der Bestandtheile des Thierkörpers.

Jener **physiologische Gesichtspunkt** aber, den wir in der Zoochemie festzuhalten haben, beschränkt sich nur auf die Beziehungen, in welchen jedes einzelne Substrat zu den übrigen Bestandtheilen des thierischen Organismus während des Lebens steht; nach diesen ist der Werth des Einzelnen für das Ganze, d. h. die physiologische Function desselben zu beurtheilen. Unser Urtheil wird aber in dieser Hinsicht geleitet durch die Untersuchung des Vorkommens, des Ursprungs und des Untergangs jeder einzelnen zoochemischen Materie.

Die Lehre von den thierischen Säften und Geweben.

Durch den zweiten Hauptabschnitt der physiologischen Chemie, d. h. durch die **Lehre von den thierischen Säften und Geweben** (**Phlegmatochemie und Histochemie**) gewinnen wir bereits Data, die uns einen tiefern Blick in die thierischen Stoffbewegungen gestatten; denn gerade an den thierischen Säften und Geweben sehen

wir die physiologischen Vorgänge ihren Ablauf nehmen. Beide, Gewebe wie Flüssigkeiten, sind ebensowohl Factoren als Producte des thierischen Stoffwechsels. Ihre Erforsehung ist aber mit weit grössern Schwierigkeiten verbunden, als die der zoochemischen Substrate. Eine der bedeutendsten Schwierigkeiten liegt darin, dass wir es hier meistens mit complicirten, mechanischen Gemengen zu thun haben, deren Trennung oft noch ausser den Grenzen der Möglichkeit liegt. In den Geweben sind verschiedenartige, organische Elemente neben einander abgelagert; nirgends ist daher mehr als bei diesen eine mikroskopisch-mechanische Analyse Nothwendigkeit: allein auch in den Flüssigkeiten und zwar vorzugsweise in der wichtigsten derselben, dem Blute, finden wir morphotische, nicht mechanisch trennbare Theile, deren mikroskopische Untersuchung jeder weitern Forschung vorangehen muss. Die Bestimmung der chemischen Materien, welche jenen morphotischen Elementen angehören, und derer, welche nur in der dieselben umgebenden Flüssigkeit gelöst sind, gehört zu den schwierigsten Aufgaben der zoochemischen Analyse; und doch ist gerade dieser Gegenstand für die physiologische Beurtheilung der Ergebnisse chemischer Forschung von der grössten Bedeutung. Ohne Kenntniss der morphotischen Constitution des Blutes, ohne Einsicht in die Vertheilung seiner chemischen Bestandtheile auf Zellen und Plasma würden wir nur sehr fragmentarische Grundlagen zum Aufbau einer Physiologie des Blutes erhalten.

Nothwendigkeit der mikroskopisch-mechanischen Analyse.

Wenn wir in ähnlicher Weise, wie bei den einfachern Substraten des Thierkörpers, die physiologischen und chemischen Verhältnisse der Säfte und Gewebe allseitig verfolgt haben, so muss uns zunächst ein Punkt beschäftigen, der für die Physiologie von der höchsten Bedeutung ist. Dieser Punkt bezieht sich nämlich auf die quantitativen Verhältnisse der Bildung und Absonderung der betreffenden Objecte. Es ist eine in allen Naturwissenschaften gültige Maxime, dass nur durch Ergründung gewisser Zahlenverhältnisse eine Disciplin ihren vollen wissenschaftlichen Werth erlangen und zu allgemeinern Anschauungen berechtigen kann. Versteht es sich doch eigentlich ganz von selbst, dass wir die Grössen der einzelnen Factoren des thierischen Stoffwechsels erforscht haben müssen, ehe wir über die Leistungsfähigkeit derselben und ihre Theilnahme an den allgemeinen Lebensfunctionen uns ein entscheidendes Urtheil erlauben dürfen. Geben uns auch die chemischen und physiologischen Thatsachen noch so viel Aufschlüsse über die Function dieses oder jenes thierischen Saftes oder Gewebes, so gewinnt man durch Ermittlung jener Grössen nicht blos ein Maass, sondern auch den festesten Anhaltspunkt zur Beurtheilung des physiologischen Werthes der fraglichen Objecte.

Quantitative Verhältnisse der Bildung und Absonderung.

Die physiologische Function ist stets conform der chemischen Constitution.

Die physiologische Function eines thierischen Saftes oder Gewebes ist aber vollkommen adaequat der chemischen Constitution, gleichwie die physiologische Bedeutung jedes einzelnen chemischen Stoffs durchaus abhängig ist von der chemischen Qualität. Deshalb müssen in der physiologisch-chemischen Lehre von den Säften und Geweben die unmittelbaren Beziehungen näher erörtert werden, welche zwischen Chemismus und physiologischer Function stattfinden, während es der eigentlichen chemischen Physiologie (dem dritten Theile physiologischer Chemie) überlassen bleiben muss, die thierischen Stoffbewegungen im Grossen und Ganzen, so wie in allen ihren nähern und entferntern Beziehungen zu einander und zu den generellen Lebensfunctionen zu verfolgen. Bei der Betrachtung der physiologischen Dignität jedes Saftes und Gewebes, die zunächst lediglich auf ihre chemische Qualification gestützt wird, sammeln wir also nur die Bausteine, um darauf die Physiologie des thierischen Stoffwechsels zu begründen.

Lehre von den zoochemischen Processen.

Der dritte Abschnitt der physiologischen Chemie umfasst die Lehre von den zoochemischen Processen, d. h. den Chemismus des Stoffwechsels, der Ernährung und Ausscheidung. In der Ergründung dieser Verhältnisse besteht die höchste Aufgabe unsrer Wissenschaft; hier erst soll der ursächliche Zusammenhang aller chemischen, das Leben begleitenden Erscheinungen erforscht und die Nothwendigkeit der Folgen in der Verknüpfung dieser gesammten chemischen Phaenomene des Lebens dargelegt werden. Auf diesem Felde unsrer Disciplin dürfen wir uns zur Erreichung jener Zwecke nicht begnügen, Chemismus und Function etwa so wie in der Säftelehre zu parallelisiren; es gilt hier, den allgemeinen physiologischen Verhältnissen Rechnung zu tragen.

Methoden der Forschung.

Wo wir nicht das innere Triebwerk eines grossen organischen Ganzen zu überschauen vermögen, da pflegen wir zunächst durch die Feststellung gewisser Zahlenverhältnisse uns eine sichere Basis zu weiterer Forschung zu verschaffen; es ist daher auch der erste und für jetzt der sicherste Weg, den man eingeschlagen hat, um eine Physiologie des thierischen Stoffwechsels zu begründen, indem man sich bemühte, durch Erforschung der Einnahmen und Ausgaben des Organismus, der Grösse der einzelnen Absonderungen und ihrer Verhältnisse zu einander, der quantitativen Vertheilung einzelner distincter Stoffe und ihrer Verbreitung nach bestimmten Proportionen in verschiedene Säfte exacte Zahlenwerthe festzustellen, die gewissermaassen den festen Rahmen bilden, innerhalb dessen die Ergebnisse der weitern auf andern Wegen vollführten Forschungen zu verzeichnen sind. Dies ist die Statistik des

Statistische Methode.

thierischen Stoffwechsels. Sie liefert uns für viele physiologische Sätze apodiktische Beweise, indem sie deren Nothwendigkeit darthut; allein eben weil sie nur zu apodiktischen Behauptungen führt, erfahren wir durch solche nur, dass die Vorgänge solche und keine andern sind, nicht aber, warum sie gerade diese sind, d. h. also wir erlangen durch die statistische Methode noch keine tiefere Einsicht in die innere Verknüpfung der durch sie constatirten Thatsachen.

Comparativ-analytische Methode.

Ein andrer Weg zu gleichem Ziele ist die comparativ-analytische oder chemisch-experimentelle Methode; diese besteht in einer Imitation des thierischen Chemismus ausserhalb des Organismus, in einem Vergleich gewisser organisch-chemischer Processe mit analog erscheinenden zoochemischen Processen. Der Gedanke, die Processe der Gährung und Fäulniss mit Erscheinungen des Lebens zu vergleichen, ist so alt, wie die physiologische Forschung selbst. Die neuere Zeit hat es verstanden, diesen Gedanken in weiterer Ausdehnung zu fassen. In dem Grade, als sich die Anschauungen über jene chemischen Erscheinungen verallgemeinert haben, ist es auch gelungen, eine gedeihlichere Anwendung derselben auf die vitalen Vorgänge zu versuchen. Gewisse chemische Processe, die eine grössere Reihe auf einander folgender Erscheinungen bilden, zeigen unverkennbare Aehnlichkeiten mit dem Verlaufe gewisser chemischer Vorgänge im lebenden Körper, so dass man sich für berechtigt halten darf, in den entsprechenden Lebensprocessen einen ähnlichen oder gleichen Causalnexus anzunehmen. Es ergiebt sich hieraus, dass die Schlussfolgerungen, zu denen diese Methode führt, auf *Analogie* begründet sind. Bei der Unvollkommenheit der Beweisform durch Analogie kommt es hier besonders darauf an, die Irrthümer zu vermeiden, in welche die Physiologie auf andern ihrer Gebiete schon oft durch Missbrauch dieser logischen Form verfallen ist; es bedarf hier um so grösserer Vorsicht, als gerade diese Methode für die physiologische Chemie bis heute die ergiebigste gewesen ist, und da sie andrerseits schon zu manchen grob chemischen, durchaus irrthümlichen Anschauungen verleitet hat.

Physiologisch-experimentelle Methode.

Die dritte der uns zugänglichen Forschungsmethoden ist die physiologisch-experimentelle. Der Schauplatz des eigentlichen physiologischen Experiments ist der lebende Thierkörper selbst; es gilt, dessen vitale Actionen für unsre Sinne wahrnehmbar zu machen, unter Verhältnissen, welche zugleich eine Beurtheilung ihres ursächlichen Zusammenhangs gestatten. So entscheidende Aufschlüsse dieses Verfahren directester Beobachtung der Wissenschaft auch verspricht und zum Theil wirklich verschafft, so hat es bis jetzt doch fast am wenigsten unter den angeführten Verfahrungsweisen geleistet. Die grosse Biegsamkeit,

welcher gerade die Lebenserscheinungen fähig sind, hindert in sehr vielen Fällen, dass die Natur, der wir in dem physiologischen Experimente am liebsten ein *disjunctives Urtheil* zur Entscheidung, ein Entweder-Oder als Frage vorlegen, eine *kategorische Antwort* ertheilt.

Die physiologische Thierchemie beschränkt sich nicht blos auf die Erforschung der vegetativen Processe.

Die physiologische Chemie wird gewöhnlich nur auf diejenigen Processe im lebenden Körper beschränkt, welche in die sogenannte *vegetative Sphaere* gehören, und in der That erwarten von ihr die Theile der Physiologie vorzugsweise Aufklärung, welche die Processe der Ernährung und Ausscheidung betreffen: allein ihr Bereich ist noch weit umfassender; denn fast in alle Vorgänge des Lebens, in alle thierische Verrichtungen greift gleichzeitig mit andern Momenten der Chemismus ein. Dass, der Thätigkeit der Muskeln parallel, chemische Processe ihren Ablauf nehmen, daran zweifelt Niemand; dass das *Nervensystem* ohne gleichzeitige chemische Actionen seine Thätigkeit entfalten könne, ist nicht glaublich; kurz *keine Function, kein Process, keine Erscheinung* geht in lebenden Körpern vor sich *ohne Chemismus als Ursache oder Wirkung:* darum muss z. B. auch *jede Krankheit von gewissen chemischen Veränderungen begleitet* sein.

Die Erklärung der physiologischen Processe geschieht nur nach physikalischen und chemischen Gesetzen.

Da im lebenden Organismus keine diesem ausschliesslich zukommende Kraft, d. h. keine sog. *Lebenskraft,* nachzuweisen ist, so müssen alle thierischen Phaenomene auf bestimmte physikalische und chemische Gesetze zurückgeführt werden; nur in diesen wird der Naturforscher eine Erklärung der Lebenserscheinungen anerkennen. Es wird daher die Zeit kommen, und sie ist nicht mehr fern, wo die gesammte Physiologie des Thierlebens in physiologische Physik und physiologische Chemie aufgehen wird.

ZOOCHEMIE.

Organische Substrate des thierischen Organismus.

Kein wesentlicher Unterschied zwischen organischen und anorganischen Körpern.

Es ist ein durch die neuern Forschungen der theoretischen Chemie vollkommen erhärteter Satz, dass zwischen organischen und anorganischen Körpern kein wesentlicher Unterschied stattfindet, und dass alle die Unterschiede, welche man zwischen beiden Körperclassen früher als wesentlich aufstellte, nur zufällige Eigenschaften sind, bedingt durch keine andern Gesetze als solche, welche auch in der anorganischen Chemie ihre Geltung haben. Jene Unterschiede, die sich uns in der That bei einem Vergleiche der organischen mit den anorganischen Körpern in nicht geringer Zahl und in sehr entschiedener Weise aufdrängen, sind also nicht in principiell verschiedenen Momenten oder gar, wie manche Philosophen glaubten, in einem eigenthümlichen Stoffe, einem sogenannten Organogenium, begründet, sondern sie ergeben sich nur aus der Mannigfaltigkeit vielfach in einander überfliessender Formen und entsprechen den stärker hervortretenden Grenzpunkten einander vielfach durchkreuzender Reihen von Qualitäten.

Begriffsbestimmung chemischer Stoffe.

Bei der Betrachtung der Unterschiede chemischer Stoffe überhaupt muss man sich aber des unumstösslichen Satzes bewusst werden, dass die einzelnen Qualitäten der Stoffe nicht beziehungslose Aggregate von Merkmalen sind, sondern dass diese sämmtlich in den innigsten Verhältnissen zu einander stehen, so wie etwa die Kanten und Winkel eines Krystalls zu einander. So zweifelt z. B. Niemand daran, dass die zahlreichen Turmaline, die nicht blos in ihren Krystallformen, ihrer Härte u. s. w., so grosse Uebereinstimmung zeigen, trotz der Verschiedenheit ihrer Bestandtheile doch durch ein gemeinsames Band zusammengehalten werden, welches die integrirenden Eigenschaften derselben bedingt. Durch die Ermittlung der innern Beziehungen der wesentlichen Qualitäten eines Stoffs gewinnen wir für den Begriff desselben einen bestimmten Inhalt, der nicht die Summe lose zusammenhängender Merkmale, sondern vielmehr das Product der beziehungsreichsten Eigenschaften ist.

Organische Substrate des thierischen Organismus.

auf ma- and- che- Theie.

Es ist ein durch die neuern Forschungen der [illegible]
vollkommen erhärteter Satz, dass zwischen organischen und [illegible]
schen Körpern kein wesentlicher Unterschied stattfindet, [illegible] r
die Unterschiede, welche man zwischen beiden Körpern [illegible] ig
wesentlich aufstellte, nur zufällige Eigenschaften sind. [illegible] rd.
keine andern Gesetze als solche, welche auch in der [illegible] änk-
mie ihre Geltung haben. Jene Unterschiede, die [illegible] griffe
bei einem Vergleiche der organischen mit den [illegible] n wird
in nicht geringer Zahl und in sehr entschiedener Weise [illegible] und che-
also nicht in principiell verschiedenen Momenten [illegible] bhängig-
Philosophen glaubten, in einem eigenthümlichen Stoff [illegible] uch in der
nannten Organogenium, begründet, sondern [illegible] chemischen
Mannigfaltigkeit vielfach in einander [illegible] n und sie ist
sprechen den stärker hervortretenden [illegible] zählichen che-
durchkreuzender Reihen von Qualitäten.

Bei der Betrachtung der Unterschiede [illegible] eine allgemeine
muss man sich aber des unumstösslichen Satzes [illegible] er Qualitäten er-
einzelnen Qualitäten der Stoffe nicht [illegible] für die Theorie der
malen sind, sondern dass diese sämmtlich [illegible] s müssen wir uns
zu einander stehen, so wie etwa die [illegible] mie auf die Erschei-
zu einander. So zweifelt z. B. [illegible]
Turmaline, die nicht blos in ihren [illegible] n angedeuteten Bezie-
so grosse Uebereinstimmung [illegible] n und denen, in welche
standtheile doch durch ein [illegible] gewisser chemischer Er-
[illegible] die integrirenden [illegible] können, dass wir in der
Ermittlung der innern [illegible] r verschiedenartigen Mole-
[illegible] gewinnen wir für den [illegible] Phasen des Lebensprocesses
der nicht die Summe [illegible] en physikalischen Phänome-
vielmehr das Product [illegible] von der [illegible] chemische

Anwendung der physikalischen Chemie auf die physiologische.

Freilich müssen wir bis jetzt in der reinen Chemie uns noch mit einfachen Beschreibungen der Stoffe durch Aufzählung ihrer Merkmale begnügen; denn leider sind wir noch weit genug davon entfernt, die Beziehungen der einzelnen Qualitäten eines Körpers zu einander so erkannt zu haben, dass wir je eine Eigenschaft desselben aus allen übrigen zu deduciren vermöchten. Dass aber wirklich die Eigenschaften chemischer Stoffe in solchen innigen Beziehungen zu einander stehen, und dass wir bald nicht mehr mit blosser Aufzählung von Merkmalen uns werden begnügen müssen, sondern anstatt klarer deutliche Begriffe über die chemische Körperwelt erlangen werden, daran könnte nur der zweifeln, der noch befangen ist in den Anschauungen einer kindlichen Chemie, d. h. einer Chemie, die lediglich in die Abzirkelung polarer Gegensätze, in die Aufstellung unlautrer Verwandtschaftsbegriffe und in die Ermittlung einfacher Verbindungsverhältnisse das Ziel ihres theoretischen Strebens setzte.

Innige Beziehungen der physikalischen Eigenschaften zu den chemischen.

Um den chemischen Werth eines Stoffes völlig zu erfassen, um zu wirklichen Begriffen über die chemischen Stoffe zu gelangen, dürfen wir freilich nicht dabei stehen bleiben, Mischungen und Entmischungen, Anziehungsgrade und Verbindungsverhältnisse und nur daran sich anlehnende Eigenschaften der Materie zu studiren; wir müssen vielmehr die Beziehungen auch derjenigen Eigenschaften zu ermitteln suchen, die man bisher als physikalisch in der allgemeinen Chemie kaum berücksichtigte und für dieselbe nur zu wenig verwerthete. Gerade jene Eigenschaften, die sich von physikalischer Seite an die Molecularveränderungen der Materie anschliessen, sind es, welche nicht blos unter einander, sondern auch mit den specifisch chemischen Qualitäten in den innigsten Beziehungen stehen. Die neuern Forschungen über specifische Wärme, über Siedepunkte so wie über specifisches Volumen, über die Schwingungsdauer der in verschiedenen Körpern erregten Schallwellen u. s. w. haben zu der unabweisbaren Thatsache geführt, dass nicht nur diese Qualitäten selbst für jeden einzelnen Stoff unter einander in dem innigsten Zusammenhange stehen, sondern dass aus ihnen selbst die der Chemie eigenthümlichsten Qualitäten, das Atomgewicht und die Zusammensetzung, mit grösster Sicherheit abgeleitet werden können. Lässt sich in der That, durch das specifische Volumen, durch die specifische Wärme, ja durch die Grösse der Schallwellen eines Körpers dessen Atomgewicht und Zusammensetzung mit Sicherheit controliren: nun so dürfte wohl hieraus das Bedingtsein einer Qualität durch die andre zu erschliessen sein. Dazu kommt, dass gerade diese die Differenz der Stoffe bedingenden Erscheinungen dem mathematischen Calcul zugänglich sind, während es doch bisher eben der Mangel an mathematisch-definirbaren Eigenschaften war, welcher die Chemie als Wissenschaft weit hinter ihren naturwissenschaftlichen Schwestern zurückstehen liess. Die Erkenntniss eines negativen und positiven, eines löslichen und unlöslichen Schwefels, eines rothen und weissen Phosphors, eines activen und

unactiven Sauerstoffs (Modificationen elementarer Stoffe, an welche bestimmte Veränderungen mathematisch definirbarer Eigenschaften geknüpft sind), musste sie uns nicht irre werden lassen an den immerhin vagen Begriffen chemischer Verwandtschaft? Treten uns andrerseits nicht die unscheinbarsten mechanischen Verhältnisse vor Augen, um die stärksten Bande der Affinität zu brechen? Wenn die ersten Beobachtungen endosmotischer Erscheinungen Staunen erregten, wenn die ersten Erfahrungen, dass durch einfache Diffusion in Wasser oft Zersetzungen der constantesten Verbindungen herbeigeführt wurden, fast einem Wunder gleich geachtet wurden, so konnte diess eben nur den beschränkten Standpunkt unserer chemischen Anschauungen verrathen.

Aussichten auf eine mathematische Behandlung der chemischen Theorie.

Wird die chemische Anziehung durch solche mechanisch moleculare Verhältnisse bedingt, ist sie wenigstens zum Theil von ihnen abhängig, so muss auch von hieraus der reine Chemismus einer mathematischen d. h. wahrhaft wissenschaftlichen Behandlung zugängig werden. Seit der polarisirte Lichtstrahl uns das innere Gefüge gewisser Substanzen, wie Weinsäure, Amylalkohol u. dgl., über welche uns keine chemische Operation aufzuklären vermochte, urplötzlich erleuchtet hat, seit uns die Ermittlung des specifischen Volumens die Richtung und die Lagerung der einzelnen Sauerstoffatome gezeigt hat: wird Niemand mehr an den grossen Erfolgen zweifeln, welche die physikalische Forschung der chemischen Theorie bereits gebracht hat und noch bringen wird. Man darf daher jetzt in der Chemie sich nicht mehr mit den beschränkten Allegorien einer Wahlverwandtschaft, dem personificirten Begriffe einer prädisponirenden Affinität u. dergl. m. begnügen, und man wird nicht mehr in Abrede stellen können, dass alle physikalischen und chemischen Eigenschaften eines Stoffs in der unmittelbarsten Abhängigkeit von einander stehen. Wir sind sonach nahe daran, auch in der Chemie deutliche Begriffe aufzufinden und damit den chemischen Werth jedes Stoffs festzustellen: es muss die Zeit kommen und sie ist vielleicht nicht mehr allzufern, wo wir jedem der unzähligen chemischen Stoffe, wie jetzt für seine Zusammensetzung, eine allgemeine Formel für die Summe und die Beziehungen aller seiner Qualitäten ertheilen werden. Dieser Thatsachen, dieser Aussichten für die Theorie der Chemie, dieses wissenschaftlichen Grundgedankens müssen wir uns bewusst sein, wenn wir versuchen wollen, die Chemie auf die Erscheinungen des Lebens anzuwenden.

Anwendung der physikalischen Chemie auf die physiologische.

Bei näher eingehender Würdigung der eben angedeuteten Beziehungen zwischen den rein chemischen Processen und denen, in welche gewisse physikalische Wirkungen als Factoren gewisser chemischer Erfolge mit auftreten, wird man leicht ersehen können, dass wir in der physiologischen Chemie in Beurtheilung der verschiedenartigen Molecularbewegungen, welche die verschiedenen Phasen des Lebensprocesses begleiten und bedingen, besonders auch jenen physikalischen Phänomenen und Gesetzen Rechnung tragen müssen, von denen so viele chemische

Erfolge abhängig sind. Gerade deshalb, weil man sich bisher in der physiologischen Chemie fast nur auf Erklärung durch specifisch chemische Actionen, auf Ermittlung eines rein chemischen Causalnexus beschränkte, die innigen Beziehungen der molecularen Eigenschaften nur einseitig auffasste, gerade deshalb geschah es, dass man die Chemie für so unzureichend zur Erklärung gewisser physiologischer oder pathologischer Processe erklärte; daher rührte es, dass man in den blossen Verbindungen und Zersetzungen der organischen Substrate vergeblich eine Deutung der wirklichen Lebensvorgänge suchte oder wo man sie zu finden glaubte, so oft sich in Folge weiterer vorurtheilsloser Beobachtungen getäuscht sah.

Der physiologische Charakter eines Stoffs stimmt mit dessen chemischem Begriffe überein.

Es ist daher jene innige und eigenthümliche Verknüpfung sämmtlicher Eigenschaften, welche den verschiedenen, die Substrate des Thierkörpers bildenden, Stoffen auch ihren physiologischen Charakter ertheilt. Die Einheit der materiellen Beziehungen ist es, welche das ganze Verhalten einer Substanz zu allen ihr heterogenen Stoffen und physikalischen Einflüssen ebensowohl bedingt, als die Art ihrer Theilnahme an den chemischen Vorgängen des Lebens. Hat uns aber die reine Chemie erwiesen, dass die Gesetze, welche den Zusammenhalt der verschiedenen Atome in Steinen und Felsen bedingen, keine andern sind, als jene, wodurch das Bestehen der complexen Atome der Thier- und Pflanzenstoffe bedingt wird: so müssen auch die Kräfte, welchen sie im thierischen Organismus als Angriffspunkte dienen, unter gleichen Bedingungen entsprechende Erfolge auf analoge chemische Complexe herbeiführen. Der Grundcharakter eines Stoffs bleibt daher derselbe, möge er den Einflüssen atmosphaerischer Kräfte oder den verschiedenen chemischen Einwirkungen in unsern Laboratorien oder den eigenthümlichen Bedingungen der Lebensbewegungen unterliegen. Kein Stoff wird im Thierkörper verzaubert; sein Verhalten in der Sphaere des Lebens bleibt immer concinn seiner chemischen Qualität. Die gesammte Zoochemie liefert die empirischen Beweise für die Richtigkeit dieses Satzes; denn wir finden nie, dass chemisch durchaus verschiedene Stoffe gleiche physiologische Function haben, und umgekehrt niemals, dass Stoffe von gleichem physiologischen Werthe den chemischen Principien nach sehr fern von einander stehen. Es ist daher ein feststehender Satz, dass die physiologische Dignität eines Körpers durchaus abhängig ist von seiner chemischen Qualität. Darum dürfen wir auch in der Zoochemie keinem andern Systeme oder Eintheilungsprincipe folgen, als einem chemischen; denn das letztre muss gleichzeitig auch der Physiologie Rechnung tragen und wird daher immer auch ein physiologisches sein.

Werth der Systeme der theoretischen Chemie.

Aus dem eben gerügten Mangel an Erkenntniss der Beziehungen, welche die Qualitäten eines Stoffs zu einander haben, erklärt sich auch sehr leicht, warum wir zur Zeit in der reinen Chemie noch kein System besitzen, welches allen Anforderungen der Wissenschaft entspricht;

denn wenn es auch den neuern glänzenden Forschungen gelungen ist, gewisse Gruppen oder Reihen von chemischen Körpern aufzustellen, denen gewisse einheitliche Momente, gewisse allgemeine Charaktere, gewisse festere Begriffsbestimmungen nicht fehlen, so giebt es doch leider noch eine sehr grosse Anzahl von Stoffen, welche, mehr oder weniger genau untersucht, sich in keines der bisher aufgestellten Systeme einreihen lassen und daher einer allgemeinern Anschauung entgehen.

Hierher gehören z. B. eine Anzahl der für die Zoochemie wichtigsten Stoffe; wir nennen nur die sogenannten Proteïnkörper, um von den noch immerhin so zahlreichen sog. Extractivstoffen ganz zu schweigen. Wenn wir aber diese und ähnliche Stoffe einer wissenschaftlich systematischen Anordnung noch nicht einzuverleiben vermochten, so liegt dies weniger an der Mangelhaftigkeit der bisherigen Systeme, als an unsrer noch sehr ungnügenden Kenntniss solcher Stoffe selbst. Wir müssen uns daher begnügen, sie nach ihren handgreiflichern physikalischen und chemischen Eigenschaften anzuordnen, ohne dafür eine feste wissenschaftliche Basis zu besitzen. Wo uns daher die chemische Basis fehlt, kann uns zuweilen der physiologische Werth solcher Stoffe leiten.

Wenn wir gezwungen wären, eines der zahlreichen heute in der Chemie aufgestellten Systeme streng festzuhalten, würden wir bei seiner Anwendung auf die physiologische Chemie in ein Labyrinth gerathen, aus welchem uns kein leitender Faden herauszuführen vermöchte, da es eben noch an den erwünschten festen Begriffsbestimmungen fehlt. Sehen wir uns um unter den Theorien, die heutzutage über die Constitution der chemischen Stoffe empfohlen worden sind, so werden wir fast unwillkührlich an Cicero's Ausspruch erinnert, wornach aus hingeworfenen Zeichen der blosse Zufall ein Lustspiel ebensogut als ein Trauerspiel bilden könne. Mögen wir uns doch täglich überzeugen, dass fast jeder angehende Forscher neue Deutungen versucht und besondern Anschauungen folgt. Werden da dieselben chemischen Molecule, dieselben chemischen Chiffern in den verschiedensten Deutungen ihrer Constitution wie ihrer Metamorphosen (in jeder denkbaren Form des chemischen Drama's bald einactig bald mehractig, bald in strenger Norm tragischer Entwicklung, bald in der Gestaltung episodenreicher Humoreske) aufgefasst: so dürfte uns eben daraus einleuchten, dass der ganze Ablauf chemischer Vorgänge und Metamorphosen von uns zur Zeit noch gar nicht überschaut und verstanden zu werden vermag. Haben wir die Charactere und Chiffern der Chemie noch nicht zu einem vollendeten Ganzen zusammenzusetzen vermocht, haben wir in Folge mühevoller Arbeiten die chemischen Lettern meist nur zu Worten zusammenfügen gelernt: so ist es doch hie und da auch bereits gelungen, bestimmte Begriffe für jene Worte zu finden, ja diese hie und da selbst zu gewissen Urtheilen zu combiniren. Auf solche festgestellte Urtheile und die wenigen durch Induction erlangten Schlüsse ist nun die physiologische Chemie angewiesen, um ihrerseits die Entwicklung des Dramas der Lebenserscheinungen zu deuten.

Sehen wir ab von dem sogenannten anorganischen Theile der Chemie, so sind es vorzugsweise fünf Begriffe, welche in der Theorie der organischen Verbindungen eine allgemeinere Geltung erlangt haben; diese sind: Radical, Paarung, Homologie, Substitution und Typus. Diese Begriffe haben sich historisch allmählig entwickelt und deshalb zu verschiedenen Zeiten eine verschiedene Deutung gefunden; ja heute noch sind sie nicht in allen ihren Beziehungen so festgestellt, dass sie uns unter jeden Verhältnissen, bei allen chemischen Vorgängen als sichre, unfehlbare Führer dienen könnten. Folgen wir daher, ebensofern einem gedanken- und consoquenzlosen Eklekticismus als abhold einer präoccupirten, den Thatsachen Gewalt anthuenden Systematik, jenen heute in der Chemie beliebten theoretischen Anschauungen nur insoweit, als sie sich als einfache Ausdrücke für grössere Reihen feststehender Thatsachen bewähren: so werden wir, da ihre Anwendung auf die chemischen Lebensbewegungen unabweisbar ist, darin auch für unsere Deutung der Phänomene des generellen Lebens eine feste Basis gewinnen, ohne uns in den oft nur zu engen Kreis einer blos scheinbar consequenten Theorie festzubannen.

Organische Radicale.

Kaum hatte man, geleitet von den in der anorganischen Chemie geläufigen Ideen, damit begonnen, auch die innere Constitution der Producte des Thier- und Pflanzenreichs zu erforschen und zunächst die nähern Bestandtheile dieser complexen Atome zu ermitteln: als man zu dem kaum erwarteten Resultate gelangte, ja zu dem Schlusse fast gedrängt wurde: es seien in den organischen Stoffen gewisse Atomencomplexe, also zusammengesetzte Körper enthalten, welche, den bekannten anorganischen Elementen gleich, integrirende Bestandtheile gewisser Reihen von Verbindungen theils mit anorganischen Elementen, theils mit ähnlichen organischen Complexen bildeten. Man nannte sie organische Radicale, da sie die Wurzel oder den Stamm für eine grössre oder geringere Anzahl organischer, oft sehr verschiedenartiger Materien bildeten. Die Radicale entsprechen also den Mineralstoffen, die man Elemente zu nennen übereingekommen ist; wie diese vermögen sie sich in ihren Verbindungen einander gegenseitig zu vertreten und somit durch ihre Vereinigung unter einander oder mit wirklichen Elementen jene organischen Materien zu erzeugen, deren endlose Zahl wir bewundern. Wir dürfen uns daher vorstellen, dass die organische Natur aus der geringen Zahl unzerlegbarer Stoffe, wie Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff sich erst ihre Elemente aufbaut, um aus ihrer Zusammenfügung den unerschöpflichen Quell ihrer Erzeugnisse hervorströmen zu lassen. Wir brauchen nicht erst an das bekannte Cyan zu erinnern, welches ja fast in allen seinen Verbindungen nur ein treues Abbild der Chlor-, Brom- und Iodtrias ist. Allbekannt sind ferner jene Radicale, welche man in den sogenannten Alkoholen oder Aetherarten annimmt; zeigen doch diese in ihren Verbindungsformen die schlagendsten Analogien mit den Metallen der anorganischen Chemie; das Aethyl

(C_4H_5), welches wir im gewöhnlichen Alkohol annehmen, verbindet sich gleich dem Blei oder Kalium mit dem Sauerstoff, Chlor, Brom, Cyan u. s. w.; gleich diesen bildet dessen Sauerstoffverbindung mit Wasser ein Hydrat und mit anorganischen wie organischen Säuren neutrale so wie auch saure Salze; mit Schwefel vereinigt es sich gleich dem Kalium und diese Schwefelverbindung mit Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff u. s. w. Fortgesetzte Forschungen haben gelehrt, dass die Zahl solcher Kohlenwasserstoffmetalle bei weitem grösser ist, als die der anorganischen Metalle. Früher schon, als diese, hatte man in den genauer untersuchten organischen Säuren ebenfalls kohlenwasserstoffhaltige Radicale angenommen und die organische Chemie bot daher eine Reihe zusammengesetzter Elemente dar, welche wie die anorganischen in positive und in negative zerfielen, d. h. in solche, die mit Sauerstoff Basen und in solche, die mit demselben Elemente Säuren bildeten. Dass es auch sauerstoffhaltige Radicale gäbe, d. h. solche, in die neben Kohlenstoff und Wasserstoff auch Sauerstoff eingeht, muss uns nach den zahlreich vorliegenden Thatsachen sehr wahrscheinlich dünken; und zwar nicht blos deshalb, weil wir uns aus den vorliegenden Stoffen Reihen von Verbindungen construiren können, in welchen der Sauerstoff keineswegs die Rolle spielt, die wir ihm in anorganischen Körpern zuertheilen; ferner nicht blos weil wir diese sauerstoffhaltigen Elemente geradezu durch sauerstofffreie vertreten werden sehen, sondern besonders auch deshalb, weil wir nach *Kopp's* schöner Entdeckung den Sauerstoff innerhalb des Radicals ein anderes Atomvolumen einnehmen sehen, als ausserhalb desselben. Und dennoch lassen sich alle Thatsachen und selbst die letzterwähnte anders deuten, so dass ohne den Thatsachen Gewalt anzuthun, die Annahme von nur sauerstofffreien Radicalen nicht blos festgehalten werden kann, sondern auch von mehrern Forschern noch immer festgehalten wird. Auf die physiologische Chemie ist diese Divergenz der Meinungen zunächst noch ohne besondern Einfluss; bei Deutung der zoochemischen Processe gilt es nur, sich der constatirten Thatsachen bewusst zu werden, mögen diese mehr die eine oder die andere Hypothese zu stützen scheinen. Die bekanntesten Beispiele solcher organischen Elemente sind:

Methyl	$C_2 H_3$
Aethyl	$C_4 H_5$
Phenyl	$C_{12} H_5$
Acetyl	$C_4 H_3 O_2$
Benzoyl	$C_{14} H_5 O_2$

Paarung.

Ein andrer Begriff, der für die Erforschung der Constitution complexer organischer Stoffe sehr fruchtbringend gewesen ist und es namentlich für die physiologische Chemie zu werden versprach, ist der der Paarung oder Copulation. Zwar ist derselbe heute keiner logisch scharfen Begrenzung und strengen Durchführung mehr fähig, zumal da sich die auf ihn bezüglichen Thatsachen, wo nicht auf einfachere Weise

doch consequenter nach einer andern Deutungsform entwickeln lassen. Indessen hat derselbe sich in der Chemie so eingebürgert und ist für manche Bezeichnungen von Erscheinungen in der physiologischen Chemie so prägnant, dass man sich desselben nicht gänzlich entschlagen kann. Man hatte nämlich zuerst einige Säuren kennen gelernt, die, der gewöhnlichen aus der Mineralchemie entlehnten Binaritätslehre zuwider, sich mit andern Stoffen verbanden, ohne etwas von ihrer Acidität oder Sättigungscapacität einzubüssen, und wobei jenes Anhängsel, Paarling oder Copula genannt, die betreffende Säure in alle ihre Verbindungen begleitete. Man entdeckte später auch basische Stoffe, die sich als Verbindungen einfacherer organischer Basen mit solchen Anhängseln betrachten liessen, ohne dass jene nach Abspaltung dieser wesentlich an ihrer Basicität verloren; ja man lernte solche Verbindungen herstellen, wobei selbst das Cyan als einfache Copula eingefügt zu werden vermochte. Besonders anwendbar schien aber der Paarungsbegriff auf einige complexere Atome des Thier- und Pflanzenreichs, welche in ziemlich indifferente Stoffe gespalten werden konnten und zwar durch Einwirkung oder Vermittlung eines dritten Stoffs, der an sich weder zu dem complexen Stoffe selbst noch zu einem seiner Spaltungsproducte eine besondre chemische Anziehungskraft erkennen liess. Salicin, Phlorrhizin, Amygdalin und viele ähnliche Stoffe lieferten die ersten Beispiele solcher Spaltungen; freilich ging hierbei meist das wesentlichste Kriterium des Paarungsbegriffs, nämlich die gleiche Sättigungscapacität des gepaarten und nicht gepaarten Körpers, verloren. Man war indessen nicht abgeneigt, alle complexeren Atome des Thier- und Pflanzenreichs und namentlich die eiweissartigen Verbindungen als solche gepaarte Stoffe zu betrachten. Schon diese Ausdehnung des Begriffs der Paarung machte die ganze Anschauungsweise sehr schwankend; ja der Versuch, auch Elemente mit Radicalen oder Elemente unter einander als gepaart anzusehen, löste den Begriff in solchen elastischen Dunst auf, dass dessen Urheber selbst der erste war, der ihn wieder aufgab.

Homologie.

Einen höchst wichtigen Einfluss auf die wissenschaftliche Begründung der organischen Chemie und besonders auf eine rationelle Systematik derselben hat die Erkenntniss der sogenannten Homologie gehabt. Man versteht bekanntlich unter homologen Körpern solche, die, in ihren Eigenschaften höchst ähnlich, sich nur durch x C_2 H_2 unterscheiden. Hat man auch früher schon einzelne dieser homologen Körper der Analogie ihres Verhaltens halber zusammengestellt, so sind dadurch doch Körper als zusammengehörig erkannt worden, die man vordem nie zusammenzuordnen gewagt hätte; denn wer hätte z. B. früher geglaubt, dass Ameisensäure $= C_2 H O_3 . HO$ und Stearinsäure $= C_{36} H_{35} O_3 . HO$ nur verschiedene Glieder einer und derselben Reihe sein könnten? Und doch zweifelt heute wohl Niemand mehr daran, dass diese Säuren mit ihren zahlreichen Mittelgliedern zusammengehören; denn nicht blos diese arithmetische Reihe in ihren Constitutionsformeln ist es, die uns

veranlasst, sie als Glieder einer Classe zu betrachten, sondern auch ihre durchaus analogen Zersetzungsproducte, ihre Verbindungsweisen, ihr entsprechendes Verhältniss zu gewissen Aetheren, aus denen sie hervorgehen und die sich aus ihnen bilden, zwingt uns fast, sie als eine Familie anzusehen. Durch Aufstellung von Reihen solcher homologer Körper gewinnt aber nicht blos die Systematik, sondern insbesondere auch die gesammte chemische Theorie; denn wir sind dadurch dem Ziele ziemlich nahe gerückt, für diese Stoffe bestimmte Begriffe aufzustellen, gewisse Formeln festzusetzen, aus denen, wie aus einer mathematischen Formel unzählige gegebene Fälle, so die Mehrzahl der physischen und chemischen Eigenschaften zu berechnen ist. Denn wir finden es durch die sorgfältigsten Versuche constatirt, dass in homologen Stoffen die Consistenz, der Siedepunkt, die Dichtigkeit ihrer Dämpfe so wie das Atomvolumen mit der Zahl der Kohlenwasserstoffatome steigt, die Löslichkeit dagegen, die Reaction auf Pflanzenfarben, die Liquidität im umgekehrten Verhältnisse zum Atomgewichte steht. Unter gleichen Verhältnissen bilden diese Körper Umwandlungsproducte, die unter sich wieder homolog sind. Wir vermögen daher gewissermaassen von einem einzigen Ausgangspunkte aus eine fast unendliche Zahl chemischer Verbindungen zu übersehen, unbekannte zu errathen und die Beziehungen zwischen Zusammensetzung und Eigenschaften zu erkennen; alles diess sind aber Werthe, welche die erste Begründung der homologen Reihen zu einer der wichtigsten Grundlagen der neuern organischen Chemie machen.

Homologe Reihen.

Substitution.

Auch der Begriff der Substitution, der in unsern heutigen Anschauungen über die Constitution der chemischen Stoffe von so bedeutendem Werthe ist, hat im Laufe der Zeiten und in der fortwährenden Folge neuer Entdeckungen verschiedene Wandlungen und mannigfache Deutungen erlitten. Als man unwiderlegbar nachgewiesen hatte, dass viele organische Stoffe nach Einwirkung von Chlor, Brom, Iod, ja selbst von Salpetersäure gerade so vieler Atome Wasserstoff verlustig gegangen waren, als sie von jenen Elementen oder Untersalpetersäure in sich aufgenommen hatten, ohne ihren wesentlich chemischen Character (sauren oder basischen) einzubüssen: musste die aus der anorganischen Chemie entlehnte Binaritätstheorie, wornach Chlor, Brom und Iod nur den negativen Sauerstoff, nicht aber den positiven Wasserstoff zu vertreten vermöchten, wo nicht aufgehoben, doch wesentlich modificirt werden. Monochloressigsäure $C_4(H_2Cl)O_3 . HO$ und Trichloressigsäure $C_4Cl_3O_3 . HO$ sind durch Einwirkung von Chlor auf Essigsäure $C_4H_3O_3 . HO$ am Sonnenlichte entstanden; beide chlorhaltige Stoffe behalten ihren sauren Character bei. Aus Anilin $C_{12}H_7N$ können die ebenfalls basischen Körper Monochloranilin $C_{12}(H_6Cl)N$, Dibromanilin $C_{12}(H_5Br_2)N$, Nitranilin $C_{12}(H_6 . NO_4)N$ und viele ähnliche hervorgehen. Zugleich lag aber in dieser Thatsache unverkennbar die Grundlage zur Aufstellung gewisser Typen; blieb doch eben die Anlage oder der Aufbau eines Stoffs, seine hypothetische Atomenzusammenstellung dieselbe, nachdem

an die Stelle gewisser Wasserstoffatome äquivalente Mengen Chlor u. s. w. getreten waren. Man glaubte anfangs einen sogenannten mechanischen Typus festhalten zu müssen, in welchem eine gleich grosse Zahl von Elementaratomen als fast allein maassgebend betrachtet werden musste; so nahm man z. B. Essigsäure und Alkohol, Chloressigsäure und Mercaptan $C_4H_4O_4$, $C_4H_6O_2$, $C_4Cl_3HO_4$, $C_4H_6S_2$ als einem Typus angehörig an, insofern neben 4 At. Kohlenstoff in allen diesen Stoffen 8 At. substituirbarer Elemente enthalten waren, während ausserdem noch andre chemische Beziehungen zwischen allen diesen Körpern ein Band zu bilden schienen. Indessen ergab sich doch bald durch weitre Forschungen, dass in den organischen Verbindungen auch jene Kohlenwasserstoffradicale als substituirende Körper auftreten, d. h. ein oder mehrere Atome Wasserstoff in solchen Verbindungen ersetzen könnten; so hat sich in neuerer Zeit durch Zerlegung wie durch Zusammensetzung darthun lassen, dass die Zimmtsäure nichts ist, als eine Benzoesäure, in welcher 1 Aeq. Wasserstoff durch 1 Aeq. C_4H_3 ersetzt ist; nämlich Benzoesäure $C_{14}H_5O_3 \cdot HO$ analog Zimmtsäure $C_{14}\begin{bmatrix}H_4\\C_4H_3\end{bmatrix}O_3 \cdot HO$.

Typen. Durch diese Betrachtungsweise wurden aber zugleich die eben erwähnten homologen Reihen in einen idealen Zusammenhang gebracht. Denn analoge Radicale ersetzten in den Gliedern einer Reihe den Wasserstoff der einfachsten Verbindung. So ist in der Essigsäure der Wasserstoff der Ameisensäure durch Methyl, in der Capronsänre durch Amyl substituirt anzusehen. Ameisensäure $= C_2HO_3 \cdot HO$, Essigsäure $C_2(C_2H_3)O_3 \cdot HO$, Capronsäure $= C_2(C_{10}H_{11})O_3 \cdot HO$. Diese Ergänzung einzelner Wasserstoffatome durch solche Kohlenwasserstoffe wurde in Folge der glänzenden Entdeckungen *Wurtz's* und *Hoffmann's* auf das schlagendste an den organischen Basen dargethan; denn darnach konnte man diese sich kaum anders vorstellen, denn als Ammoniake oder Ammoniumoxyde, in welchen ein oder mehrere Atome Wasserstoff durch organische Radicale vertreten sind. Lässt man z. B. Iodäthyl auf Ammoniak wirken, so bildet sich Iodwasserstoffsäure, während ein flüchtiges Alkoloid entsteht, das seiner Bildungs- und Zusammensetzungsweise nach fast nur als ein Ammoniak angesehen werden kann, in welchem 1 At. Wasserstoff des letzteren durch 1 At. Aethyl vertreten ist; denn

$$\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}N + C_4H_5 \cdot I = \left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\\H\end{matrix}\right\}N + HI.$$

So kann noch das zweite und das dritte Atom Wasserstoff des Ammoniaks durch dasselbe oder andre Radicale vertreten werden. Ist das Anilin wirklich ein Ammoniak, in welchem 1 At. H durch Phenyl $= C_{12}H_5$ ersetzt ist, so kann das zweite Atom Wasserstoff durch Behandlung mit Bromäthyl verdrängt und durch Aethyl ersetzt werden, nämlich

$$\left.\begin{matrix}C_{12}H_5\\H\\H\end{matrix}\right\}N + C_4H_5 \cdot Br = \left.\begin{matrix}C_{12}H_5\\C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}N + HBr.$$

Tritt ein sauerstoffhaltiges Radical an die Stelle des einen Atoms Wasserstoff im Ammoniak, so bildet sich einer von jenen Körpern, die man gewöhnlich Amide nannte. So bildet Chlorbenzoyl mit Ammoniak Benzamid und Chlorwasserstoff

$$\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\} N + C_{14}\,H_5\,O_2\,.\,Cl = \left.\begin{matrix}C_{14}\,H_5\,O_2\\H\\H\end{matrix}\right\} N + HCl.$$

Durch Substitution aller Wasserstoffatome des Ammoniumoxyds wurden Stoffe erhalten, welche an Stärke der basischen Eigenschaften selbst den Mineralalkalien gleich kommen z. B. das Teträthylammoniumoxyd und Methyläthylamylphenylamin

$$\left.\begin{matrix}C_4\,H_5\\C_4\,H_5\\C_4\,H_5\\C_4\,H_5\end{matrix}\right\} NO\,.\,HO \qquad \left.\begin{matrix}C_{12}\,H_5\\C_2\,H_3\\C_4\,H_5\\C_{10}\,H_{11}\end{matrix}\right\} NO\,.\,HO.$$

Es kann sonach nicht zweifelhaft sein, dass diese beiden Körper, obgleich ihre empirischen Constitutionsformeln so verschieden sind (das erstre $= C_{16}\,H_{20}\,NO\,.\,HO$, das letztre $C_{28}\,H_{24}\,NO\,.\,HO$) doch einem und demselben Typus d. h. dem des Ammoniums entsprechend gebildet sind.

Da sich nun in der ungekünstelsten Weise die an sich so verschieden zusammengesetzten und aus den mannigfachsten Atomcomplexen combinirten Alkaloide und Amide als einem so einfachen Typus angehörend herausstellten, wurde man versucht, auch für die nicht stickstoffhaltigen Körper nach solchen einfachen Typen zu suchen und fand zunächst einen solchen im Wasser. Um aber das Wasser für die Mehrzahl der organischen Verbindungen als Typus ansehen zu können, durfte man dasselbe nicht in seiner einfachsten Constitutionsformel = HO annehmen; man sah sich zunächst veranlasst, die Atomzahl zu verdoppeln und wurde in dieser Annahme durch mehrere theils früher bekannte, theils durch neuere Forschungen ermittelte Thatsachen in auffälliger Weise bestärkt. Die meisten organischen Säuren so wie viele anorganische bilden mit 1 Atom Wasser sehr feste Verbindungen, ohne welches sie entweder gar nicht bestehen können oder wenigstens durchaus verschiedene Eigenschaften annehmen. Wenn wir z. B. die wasserärmste Essigsäure, die Chloressigsäure und ihre Salze z. B. die Kalisalze mit einander zusammenstellen, so finden wir in ihnen einen gemeinschaftlichen Typus

$$C_4{}^{H_3}_{H}O_4 \qquad C_4{}^{Cl_3}_{H}O_4 \qquad C_4{}^{H_3}_{K}O_4 \qquad C_4{}^{Cl_3}_{K}O_4.$$

So wie man früher annahm, dass in der concentrirtesten Essigsäure und Chloressigsäure das eine beim Entwässern übrig gebliebene Wasserstoffatom die Stelle einer fixen Basis vertrete und daher basisches Wasser genannt wurde, ebenso müssen wir dem vierten Atom Wasserstoff der Essigsäure (welches nicht durch Chlor ersetzbar ist) einen andern Character ertheilen, als den drei durch Chlor ersetzbaren Atomen; dieses

vierte Atom ist aber in der Essigsäure so wie in der Chloressigsäure durch Metalle vertretbar. Also nicht aller Wasserstoff in solchen Körpern (Säuren, Alkoholen u. s. w.) ist durch negative Elemente wie Chlor u. s. w. ersetzbar, und auch nur ein Theil Wasserstoff durch positive Metalle. Man zählt nun den durch Chlor ersetzbaren Wasserstoff solcher Körper meist zum Radical, während man annimmt, dass der durch Metalle ersetzbare Wasserstoff ausserhalb desselben liege. Dieser letztre muss nun aber auch durch den Metallen entsprechende positive Radicale vertreten werden können, so dass also an die Stelle von Wasserstoff oder Kalium Methyl, Aethyl u. s. w. gesetzt werden kann. Substituiren wir dem positiven Wasserstoff in der Essigsäure Methyl und dem in der Chloressigsäure Aethyl, so haben wir folgende typische Formeln:

$$\begin{matrix} C_4\,H_3 \\ C_2\,H_3 \end{matrix}\, O_4 \qquad \begin{matrix} C_4\,Cl_3 \\ C_4\,H_5 \end{matrix}\, O_4.$$

Nun ist aber jenes Radical der Essigsäure ein negatives und zwar ein sauerstoffhaltiges Radical; man wird daher durch folgende Ausdrucksweise vielleicht eine richtigere Anschauung der typischen Gestaltung gewinnen:

$$\left.\begin{matrix} C_4\,H_3\,O_2 \\ H \end{matrix}\right\}O_2 \quad \left.\begin{matrix} C_4\,H_3\,O_2 \\ K \end{matrix}\right\}O_2 \quad \left.\begin{matrix} C_4\,H_3\,O_2 \\ C_2\,H_3 \end{matrix}\right\}O_2 \quad \left.\begin{matrix} C_4\,Cl_3\,O_2 \\ C_4\,H_5 \end{matrix}\right\}O_2.$$

Dafür dass in diesen Verbindungen je 2 Atome Sauerstoff ausserhalb der Radicale liegen, oder mit andern Worten, dass diese einen andern typischen Werth haben, der durch obige Formeln angedeutet werden soll, sprechen sogleich weiter anzuführende Gründe. Denn es ist zuvörderst gar nicht erforderlich, dass das eine Radical solcher Verbindungen ein sauerstoffhaltiges sei. Nehmen wir z. B. den Alkohol, der nach der ältern Radicaltheorie das Hydrat des Aethyloxyds ist, und substituiren dem einen Wasserstoffatom Kalium oder durch Vermittlung des Aetherkalis und Iodamyls oder Iodäthyls das Amyl- oder Aethylradical, so erhalten wir wieder folgende typische Reihe:

$$\left.\begin{matrix} C_4\,H_5 \\ H \end{matrix}\right\}O_2 \quad \left.\begin{matrix} C_4\,H_5 \\ K \end{matrix}\right\}O_2 \quad \left.\begin{matrix} C_4\;\;H_5 \\ C_{10}\,H_{11} \end{matrix}\right\}O_2 \quad \left.\begin{matrix} C_4\,H_5 \\ C_4\,H_5 \end{matrix}\right\}O_2.$$

Da nun, wie oben gezeigt worden, gerade diese Radicale sehr häufig an die Stelle von Wasserstoff treten, so ergiebt sich als der einfachste Typus für alle diese Gruppen die Formel eines Doppelatoms Wasser $= \left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\}O_2$.

Diese Hypothese wird aber noch durch folgende Betrachtung unterstützt. Den reinen Aether halten wir nach der früher gebräuchlichen Anschauungsweise und in Folge seiner Sättigungsfähigkeit durch Säure als richtig repräsentirt durch die Formel $C_4\,H_5\,O$, nach der Radicaltheorie als einfaches Oxyd des Aethyls $= C_4\,H_5\,.\,O$. Lassen wir den Aether nach der eben angeführten Weise aus Aetherkali und Iodäthyl entstehen, so würden wir uns wohl vorstellen können, dass aus der gegenseitigen Einwirkung neben Jodkalium 2 Atome Aether oder Aethyloxyd entstehen, und wir demnach diesen freien Aether nicht, wie oben

$=C_8H_{10}O_2$ zu betrachten hätten. Allein hiergegen spricht die oben auch angeführte Bildung des Aethyl-Amyläthers; denn aus der Einwirkung von Iodamyl auf Aetherkali müsste dann nur ein Gemeng von Aethyläther und Amyläther hervorgehen, nicht aber jene wohl characterisirte chemische Verbindung. Finden wir aber vielleicht schon hierin einen hinreichenden Grund dem isolirten Aether ein doppeltes Atomgewicht zuzuschreiben und seine Formel entsprechend $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O = \left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2$ auszudrücken, so werden wir in dieser Fiction noch durch die Erfahrung bestärkt, dass die grösste Mehrzahl der organischen Verbindungen im Dampfzustande eine Verdichtung auf 4 Volumina zeigt. Nur wenn man im Aether 8 Aequivalentgewichte Kohlenstoff, 10 solcher Gewichte Wasserstoff und 2 Sauerstoff annimmt, erkennt man in dem specifischen Gewichte des Aetherdampfs (= 2,58) eine Condensation auf 4 Volumina. Dasselbe gilt von allen ähnlichen Körpern.

Dies Atomvolumen oder die relative Raumerfüllung von einem Aequivalentgewicht eines Körpers finden wir bekanntlich leicht durch den Quotienten aus dem specifischen Gewicht des Gases oder Dampfes in das Aequivalentgewicht d. h. wir dividiren das Atomgewicht durch das specifische Gewicht; wir finden daher, unter Annahme des Sauerstoffäquivalents = 8, da das specifische Gewicht des Sauerstoffs = 1,108 ist, den Quotienten oder das Atomvolumen des Sauerstoffs = 7,22; bei den organischen Körpern wird nun dieser Quotient in der Regel viermal so gross also = 28,88, nur selten aber nur zweimal so gross also = 14,44 gefunden. Nun ist das specifische Gewicht des Aetherdampfs = 2,58 gefunden worden, sein Atomgewicht aber nach der Formel $C_4H_5O = 37$; da nun 2,58 : 37,00 = 14.4, so ist der Raum, welchen das Aequivalent Aether = C_4H_5O im Gaszustande einnimmt, doppelt so gross, wie das des Sauerstoffs, und wir sagen daher, dass der Aether dieser Annahme zufolge eine Verdichtung auf 2 Volumina erlitten habe. Man kann sich dieses Verhältniss auch noch auf folgende Weise klar machen; ist das hypothetische specifische Gewicht des Kohlenstoffs = 0,837, das des Wasserstoffs = 0,0693 und das des Sauerstoffs = 1,108, so würde die Verbindung von C_4H_5O folgendes ergeben:

4 Vol.	Kohlenstoff	=	4 . 0,837	= 3,348
10 ,,	Wasserstoff	=	10.0,0693	= 0,693
1 ,,	Sauerstoff	=		= 1,108
			Summa	5,149.

Nun ist aber von *Gay-Lussac* das spec. Gewicht des Aetherdampfes = 2,586 gefunden worden; es hat also eine Verringerung des Volumens der im Aether vereinigten Atome gerade um die Hälfte stattgefunden. Es wird also nur dann, wenn wir das Atomgewicht des Aethers verdoppeln, also zu $C_8H_{10}O_2$ annehmen, in ihm eine Verdichtung auf 4 Volumina statthaft sein, um den Aether mit den Verdichtungsverhältnissen der meisten andern organischen Substanzen in Einklang zu bringen.

Wenn wir nun dieser Hypothese nach den Aether als einen Alkohol ansehen, in welchem das eine Wasserstoffatom durch Aethyl ersetzt ist, wo demnach beide Atome Wasserstoff des Typus H_2O_2 durch Aethyl ver-

treten sind, also durch ein sauerstofffreies Radical, so können auch beide Wasserstoffatome durch sauerstoffhaltige Radicale vertreten werden. Solche Verbindungen sind es, welche die sog. wasserfreien organischen Säuren darstellen. Bekanntlich hat man solche erst in neuerer Zeit durch gegenseitige Einwirkung der Verbindung des Säureradicals mit Chlor und eines Salzes derselben Säure darstellen gelernt; z. B. Chloracetyl u. essigsaures Natron liefern Chlornatrium und sog. wasserfreie Essigsäure $C_4H_3O_2.Cl + C_4H_3O_3.NaO = NaCl + 2C_4H_3O_3$. Dass hier sich aber, ganz wie bei obiger Aetherbildung, nicht wirklich 2 At. $C_4H_3O_3$ bilden, sondern ein Körper $C_8H_6O_6$, ist ganz auf dieselbe Weise zu beweisen, wie dort. Denn wenn man z. B. anstatt des Chloracetyls Chlorbutyryl auf das trockne essigsaure Natron einwirken lässt, so erhält man nicht Essigsäure und Buttersäure, sondern eine ganz neue Verbindung der Formel $C_{12}H_{10}O_6$ entsprechend. Die Dichtigkeit des Dampfes der genannten wasserfreien Essigsäure ist = 3,47 gefunden worden, welche ebenfalls eine Condensation auf 4 Volumina nur bei der Annahme der Formel $C_8H_6O_6$ entspricht. Man kann hierin vielleicht eine Deutung der für den ersten Blick auffälligen Erscheinung finden, dass diese sogenannten wasserfreien Säuren in der Regel so ganz verschiedene Eigenschaften von ihren Hydraten zeigen.

In der Annahme eines Doppelatoms Wasser für alle diese Verbindungen finden wir somit eine Fiction, die sich auf die ungezwungenste Weise an gewisse Reihen von Thatsachen anschliesst, die wir wenigstens bis jetzt auf eine einfachere Weise kaum zu deuten vermögen; die folgende Zusammenstellung der erwähnten Verbindungen nach jenem Typus mag von diesen Verhältnissen eine Uebersicht geben.

$$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O_2 \quad \left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\H\end{matrix}\right\}O_2 \quad \left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\C_4H_3O_2\end{matrix}\right\}O_2 \quad \left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}O_2 \quad \left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2 \quad \left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2$$

Wasser. Essigsäurehydrat. Wasserfr. Essigs. Alkohol. Aether. Essigäther.

Leicht war es hiernach auch für die mehrbasischen Säuren und mehrsäurigen Basen in der Vermehrung der Wasseratome einen entsprechenden Typus zu finden, da in den einbasischen Säuren eben der Gehalt an sog. basischem Wasser die einfachste Analogie abgegeben hatte; es musste sich aber dabei zugleich herausstellen, dass die Radicale jener Verbindungen die Stelle von einer der durch Metall ersetzbaren Wasserstoffatome gleichen Zahl vertreten konnten, wie am einfachsten wohl aus folgenden Beispielen zu ersehen ist:

Zweiatomige Stoffe; Typus = $\left.\begin{matrix}H_2\\H_2\end{matrix}\right\}O_4$

$$\left.\begin{matrix}C_8H_4O_4\\H_2\end{matrix}\right\}O_4 \quad \left.\begin{matrix}C_8H_4O_4\\H\\K\end{matrix}\right\}O_4 \quad \left.\begin{matrix}C_8H_4O_4\\C_4H_5\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_4 \quad \left.\begin{matrix}C_4H_4\\H_2\end{matrix}\right\}O_4 \quad \left.\begin{matrix}C_4H_4\\C_4H_3O_2\\C_4H_3O_2\end{matrix}\right\}O_4 \quad \left.\begin{matrix}C_4H_4\\C_8H_4O_4\end{matrix}\right\}O_4$$

Bernsteinsäure. Saures Kalisalz. Bernsteinsäureäther. Glycol. Essigs. Glycol. Bernsteins. Glycol.

Dreiatomige Stoffe; Typus = $\left.\begin{matrix}H_3\\H_3\end{matrix}\right\}O_6$

$$\left.\begin{matrix}C_{12}H_5O_8\\ H_3\end{matrix}\right\}O_6 \quad \left.\begin{matrix}C_{12}H_5O_8\\ K\\ H\\ H\end{matrix}\right\}O_6 \quad \left.\begin{matrix}C_{12}H_5O_8\\ C_4H_5\\ C_4H_5\\ C_4H_5\end{matrix}\right\}O_6 \quad \left.\begin{matrix}C_6H_5\\ H_3\end{matrix}\right\}O_6 \quad \left.\begin{matrix}C_6H_5\\ C_4H_3O_2\\ C_4H_3O_2\\ C_4H_3O_2\end{matrix}\right\}O_6 \quad \left.\begin{matrix}C_6H_5\\ C_8H_4O_4\\ H\end{matrix}\right\}O_6$$

Citronensäure. Saures citronens. Kali. Citronens. Aethyloxyd. Glycerin. Essigs. Glycerin. Bernsteins. Glycerin.

$$\left.\begin{matrix}C_6H_5\\ C_{12}H_5O_8\end{matrix}\right\}O_6.$$

Citrons. Glycerin.

Die Existenz zwei- und dreiatomiger Radicale d. h. solcher, die nur an die Stelle von 2 oder 3 At. Wasserstoff treten, giebt sich recht augenfällig in vielen Ammoniakbasen zu erkennen, z. B. im Succinimid und Succinylphenylamid

$$\left.\begin{matrix}C_8H_4O_4\\ H\end{matrix}\right\}N \qquad \left.\begin{matrix}C_8H_4O_4\\ C_{12}H_5\end{matrix}\right\}N$$

Da sich ferner mehrere Alkaloide wie zweisäurige und dreisäurige Basen verhalten, so wären ferner die Multipla des Ammoniaks

$$\left.\begin{matrix}H_2\\ H_2\\ H_2\end{matrix}\right\}N_2 \text{ und } \left.\begin{matrix}H_3\\ H_3\\ H_3\end{matrix}\right\}N_3$$

als Typen anzunehmen, in welchen insbesondere jene mehratomigen Radicale eine Rolle zu spielen pflegen z. B.

$$\left.\begin{matrix}C_4O_4\\ 2(C_{12}H_5)\\ H_2\end{matrix}\right\}N_2 \qquad \left.\begin{matrix}C_{12}H_5O_8\\ 3(C_{12}H_5)\\ H_3\end{matrix}\right\}N_3$$

Oxalylphenylamid. Citrylphenylamid.

Es blieb nun aber eine Gruppe von Körpern übrig, in welchen gewisse Radicale mit 1 At. Wasserstoff verbunden zu sein schienen, so wie etwa in den Wasserstoffverbindungen der anorganischen Chemie, deren Wasserstoff wieder durch andre Radicale vertreten werden kann. Für diese hat man 2 Aequ. Wasserstoff als Typus angenommen, z. B.

$$\left.\begin{matrix}C_4H_5\\ H\end{matrix}\right\} \quad \left.\begin{matrix}C_4H_5\\ C_4H_5\end{matrix}\right\} \quad \left.\begin{matrix}C_4H_5\\ C_8H_9\end{matrix}\right\} \quad \left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\ H\end{matrix}\right\} \quad \left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\ C_2H_3\end{matrix}\right\}$$

Aethylwasserstoff. Aethyl. Aethylbutyl. Aldehyd. Aceton.

Diess ist ein kurzer Abriss der geläufigsten Anschauungen, wie wir sie heute in der organischen Chemie aufgestellt finden; die Chemie ist aber in solchen theoretischen Beziehungen keineswegs noch so weit vorgeschritten, dass ein System allen Anforderungen, wie sie die thatsächlichen Metamorphosen organischer Körper darbieten, in durchgreifender Weise zu genügen vermöchte. Wir sehen also, wie bereits hervorgehoben, jene Begriffsbestimmungen nur als den Ausdruck von Reihen einander analoger Thatsachen an, durch welche, wie durch jede Theorie oder Fiction, nur eine gegenseitige Verständigung, eine leichtere Uebersicht über das Gewirr der Erscheinungen, ein weitrer Anhalt zu neuen Forschungen ermöglicht wird. Wie wir aus der Spaltbarkeit eines krystallinischen Körpers auf dessen Grundkrystallform zu schliessen vermögen,

so, sollte man glauben, müsste auch aus den Spaltungs- oder Zersetzungsproducten eines organischen Stoffs leicht auf dessen Zusammensetzung, auf seine nähern Bestandtheile, auf den innern Aufbau seiner chemischen Molecüle geschlossen werden können: allein leider bilden die meisten organischen Materien so viele Angriffspuncte, dass die zahlreichen Spaltungsformen ebenso zahlreichen Schlüssen auf die innere Constitution derselben Anhalt zu geben vermögen. Wohl bedarf es hier nicht erst der Beispiele, um diese Verhältnisse an einigen der einfachsten und bekanntesten organischen Stoffen zu erläutern. Wir wissen zwar, dass in den Naturwissenschaften diejenige Theorie immer den Vorzug verdient, welche den meisten oder allen bekannten Thatsachen Rechnung trägt: allein leider gnügt heute noch keine Fiction, um in der organischen Chemie den Umwandlungen eine gleichmässige, eine consequente Deutung zu geben. Auf einen Fall passen oft viele Deutungen und auf einen andern nur eine, die wiederum den gewöhnlichen, allgemeinern Deutungsformen direct zu widersprechen scheint. Rührt es doch gerade daher, dass heutzutage in Abhandlungen über wissenschaftliche Arbeiten oder in Lehrbüchern uns täglich neue Systeme geboten werden, so dass wir aus einem Wirrsal zusammengewürfelter Atome in das andre geführt zu werden glauben möchten. Dem ist jedoch nicht also: denn jenes Herumtasten und Befühlen der organischen Atomcomplexe muss endlich doch in Folge immer neu erkannter Wandlungsformen der organischen Materie zu durchgreifendern und immer übersichtlichern Anschauungen über den innern Aufbau der Atome führen. Gerade deshalb darf aber auch die physiologische Chemie dieser Hypothesen der organischen Chemie sich ebenso wenig entschlagen als ihrer positiven Forschungsresultate. Denn mannigfaltiger noch, als die vom Chemiker erzielten Spaltungsweisen organischer Materien, sind diese in der Lebenssphäre, wo gerade die leisesten Molecularerschütterungen jene proteusartigen Wandlungen der an Zahl so geringen organischen Materien bedingen, durch die der Lebensprocess erhalten wird. Wenn wir aber in dieser Beziehung bei unsern physiologisch chemischen Forschungen den verschiedenen in der allgemeinen Chemie auftauchenden Fictionen unsre Beachtung nicht entziehen können und dürfen: so müssen wir uns doch immerhin dessen bewusst sein, dass für einen Stoff, sobald er isolirt ist, nur eine Zusammenfügungsweise, nur ein bestimmtes Lagerungsverhältniss der Atome statt haben kann, während die letzteren ihre gegenseitigen Beziehungen leicht und verschiedenartig zu ändern vermögen, sobald der ganze Atomcomplex, dessen Schwerpunkt eben ein ausserordentlich labiler ist, irgend welchen Anziehungen ausgesetzt wird. Im Trägheitsmomente oder im Zustande der Ruhe kann aber die Atomlagerung eines Stoffs nur eine und dieselbe sein; man hat deshalb auch in der Chemie hie und da Constitutionsformeln organischer Stoffe wohl unterschieden von den Umsetzungsformeln. Selbstverständlicher Weise können die letztern verschieden sein, da nach den gerade gewählten

Angriffspuncten die Wandlungsweisen verschieden sind und nach diesen Wandlungsweisen die Umsetzungsformel d. h. die Bezeichnung der nähern Bestandtheile des complexen Stoffs modificirt wird. Die Constitutionsformel, welche also den Aufbau der Atome im Zustande der Ruhe anschaulich machen soll, kann dagegen nur eine einzige sein. Diese zu ermitteln, dürfte aber schwerlich je den Forschungen der Chemiker gelingen, insofern sie sich auf Ermittlung der Verbindungsweisen und Zersetzungsformen der Stoffe beschränken; dagegen verspricht uns das vergleichende Studium der physikalischen Eigenschaften dereinst solche Constitutionsformeln aufstellen zu können und somit die Idee zusammenhangsloser Beschreibungen der Stoffe zu wahren Begriffsbestimmungen zu erheben. Diess soll keine auf einige Thatsachen hin gewagte Prophezeiung sein, sondern es ist die Andeutung eines Zieles, welches uns insbesondere die glänzenden Forschungen eines *Kopp*, eines ebenso ausgezeichneten Experimentators als philosophischen Denkers, auf das Deutlichste vorgezeichnet haben. Wir finden aber gerade hierin wieder einen neuen Grund, weshalb wir in der physiologischen Chemie (wie schon oben S. 10 hervorgehoben) nicht blos die conventionell chemisch genannten Phänomene, sondern auch die mit diesen innig verbundenen physikalischen Erscheinungen und Molecularbewegungen ganzer Atomcomplexe mit in das Bereich unsrer Forschung ziehen müssen.

Nach den oben (S. 2 ff.) über den zoochemischen Abschnitt der physiologischen Chemie gegebenen Erklärungen kann es nicht zweifelhaft sein, dass wir der nähern Erörterung desselben eine rein chemische Systematik zu Grunde legen müssen. Folgen wir nun in dieser Beziehung ebensowenig einem Eklekticismus, der stets principlos, wo nicht gedankenlos ist, als wir uns von einem scharf begrenzten, die Thatsachen oft gewaltsam verwickelnden Systeme gängeln lassen: so werden wir wohl zunächst darauf hingewiesen, jene homologen Reihen zu adoptiren, die eben nichts weiter als gewisse thatsächliche Beziehungen zwischen grösseren Gruppen organischer Stoffe repräsentiren. Man hat nun gewöhnlich homologe Reihen von organischen Säuren, stickstofffreien organischen Basen oder sog. Alkoholen aufgestellt, an welche sich die stickstoffhaltigen Basen und viele indifferente stickstoffhaltige Körper anschliessen; alle diese Stoffe stehen aber wieder unter einander in den innigsten Beziehungen durch Mittelglieder, die selbst wieder homologe Reihen unter einander bilden, so dass ein Glied der einen Reihe immer in demselben Verhältniss zu dem der andern steht, in welchem alle übrigen entsprechenden Glieder zu einander stehen. Weinalkohol, Essigsäure, Aldehyd, Aceton, Acetamid, Aethylamin sind z. B. Glieder der verschiedensten homologen Reihen, stehen aber unter einander in so nahen Beziehungen durch ihre Umsetzungen, durch die Uebergänge, die wir an ihnen bei ihren Umbildungen wahrnehmen, so dass wir sie als natürliche Verwandte unter einander betrachten können und müssen. Wir können uns so in der organischen Chemie ein quadratisches Fach-

werk bilden, in welchem die Verticalen den homologen Reihen, die Horizontalen den entsprechenden Beziehungen der Umwandlungsformen entsprächen. Consequenter Weise müsste man dann von bestimmten homologen Radicalen ausgehen, um an jedes derselben die entsprechende Säure, den Alkohol, das Aldehyd, das Alkaloid u. s. w. anzuknüpfen, wie es sich in folgender Weise veranschaulichen lässt:

Radicale.	Aether.	Alkohole.	Aldehyde.	Einbas. Säuren.	Acetone.	Amide.	Glycole 2bas. Alkohole.	Zweibas. Glycols.	Oxalsäuren.	Glycolamide (Leucine.)	Glycerine.	Glycerinsäuren.
$C_4 H_5$	$C_4 H_5 O$	$C_4 H_6 O_2$	$C_4 H_4 O_2$	$C_4 H_4 O_4$	$C_6 H_6 O_2$	$C_4 H_5 NO_2$	$C_4 H_4 O_6$	$C_4 H_4 O_6$	$C_4 H_2 O_8$	$C_4 H_5 NO_4$	$C_4 H_6 O_6$	$C_4 H_4 O_8$
$C_6 H_7$	$C_6 H_7 O$	$C_6 H_8 O_2$	$C_6 H_6 O_2$	$C_6 H_6 O_4$	$C_{10} H_{10} O_2$	$C_6 H_7 NO_2$	$C_6 H_8 O_4$	$C_6 H_6 O_6$	$C_6 H_4 O_8$	$C_6 H_7 NO_4$	$C_6 H_8 O_6$	$C_6 H_6 O_8$
$C_8 H_9$	$C_8 H_9 O$	$C_8 H_{10} O_2$	$C_8 H_8 O_2$	$C_8 H_8 O_4$	$C_{14} H_{14} O_2$	$C_8 H_9 NO_2$	$C_8 H_{10} O_4$	$C_8 H_8 O_6$	$C_8 H_6 O_8$	$C_8 H_9 NO_4$	$C_8 H_{10} O_6$	$C_8 H_8 O_8$
$C_{10} H_{11}$	$C_{10} H_{11} O$	$C_{10} H_{12} O_2$	$C_{10} H_{10} O_2$	$C_{10} H_{10} O_4$	$C_{18} H_{18} O_2$	$C_{10} H_{11} NO_2$	$C_{10} H_{12} O_2$	$C_{10} H_{10} O_6$	$C_{10} H_8 O_8$	$C_{10} H_{11} NO_4$	$C_{10} H_{12} O_6$	$C_{10} H_{10} O_8$

So rationell eine solche Systematik sein würde, so stellen sich doch ihrer Anwendung auf die physiologische Zoochemie erhebliche Hindernisse entgegen; die Mehrzahl der einzelnen Glieder dieser verschiedenen Reihen haben wenigstens zur Zeit in der Zoochemie noch kein Interesse erlangt, da unsern bisherigen Erfahrungen nach nur wenige derselben eine Rolle im thierischen Organismus spielen; die Zoochemie würde daher wenigstens zur Zeit sich einen unnützen Ballast aufbürden. Die grösste Inconcinität, die sich an eine solche consequent durchgeführte Systematik knüpfen dürfte, möchte aber die sein, dass gerade die für die physiologischen Processe bedeutungsvollsten Körper z. B. die Zuckerarten, eiweissartigen Stoffe und viele andere in diese Classification gar nicht eingereiht werden könnten; würde dann (selbst wenn man sich nicht scheute, die Zuckerarten, wie geschehen, als eine Art Aldehyde zu betrachten) doch immer wieder zu rein empirischen Zusammenstellungen seine Zuflucht nehmen und nach äussren zufälligen Aehnlichkeiten eine Gruppirung ausführen müssen. Wir glauben daher bei dem jetzigen Stande der Wissenschaft der allgemeinen Chemie sowohl als den der Zoochemie eigenthümlichen Nützlichkeitsrücksichten am besten genügen zu können, wenn wir die rein chemische Systematik soweit festhalten, als sie uns die allgemeine Uebersicht erleichtert, im Uebrigen aber uns an die früher schon beliebte Eintheilung halten, nach welcher die Stoffe nach der Analogie ihrer mehr zufälligen physischen, chemischen und physiologischen Eigenschaften behandelt werden.

Wir beginnen daher mit den einzelnen Gruppen der homologen, Säuren, und unterscheiden insbesondere fünf solcher Reihen, nämlich

die Reihe der Ameisensäure von der allgemeinen Formel $= C_{2n}H_{2n}\ O_4$
,, ,, ,, Oxalsäure ,, ,, ,, ,, $= C_{2n}H_{2n-2}O_8$
,, ,, ,, Oelsäure ,, ,, ,, ,, $= C_{2n}H_{2n-2}O_4$
,, ,, ,, Benzoesäure ,, ,, ,, ,, $= C_{2n}H_{2n-8}O_4$
,, ,, ,, Milchsäure ,, ,, ,, ,, $= C_{2n}H_{2n}\ O_6$.

Diesen Gruppen lassen wir die stickstofflosen organischen Säuren folgen, deren theoretische Zusammensetzung complicirter und noch nicht näher erforscht ist und die man sonst gewöhnlich gepaarte Säuren zu nennen pflegte, wie Benzoglycinsäure, Cholsäure u. dgl.

Die eigentlichen Alkohole oder stickstofffreien Basen, welche ebenfalls mehrere homologe Reihen bilden, sind im thierischen Leben nicht von grosser Bedeutung; doch werden einige derselben unsre besondre Aufmerksamkeit auf sich ziehen. An diese knüpfen wir die stickstoffhaltigen basischen oder indifferenten Körper, zusammengesetzte Ammoniake oder Amide an und lassen erst diesen die stickstoffhaltigen Säuren folgen, da mehrere derselben als mit jenen Amiden gepaarte Säuren erscheinen.

Gewisse fettähnliche Stoffe, die wir einstweilen Lipoide nennen, vermögen wir bis jetzt noch nicht in ein System einzureihen; sie spielen überdiess im thierischen Organismus nur eine untergeordnete Rolle. Ebenso liegen die thierischen Farbstoffe noch ganz ausser dem Bereich chemisch wissenschaftlicher Erkenntniss. Ausser diesen sind es aber noch zwei Gruppen von Stoffen, welche wir als wesentlichste Vermittler des thierischen Stoffwechsels anzusehen haben; nämlich die sogenannten Kohlenhydrate, zu denen wir die amyloiden Stoffe und die verschiedenen Zuckerarten zählen, und die gewebsbildenden, stickstoffhaltigen Materien, wie die albuminösen und leimgebenden Stoffe, an denen gerade die höchsten Erscheinungen des thierisch-vegetativen Lebens ihren Ablauf nehmen. In der Zoochemie wird dann nur noch Allgemeines über den Werth der mineralischen Stoffe für die physiologisch-chemischen Erscheinungen hinzuzufügen sein.

Organische stickstofffreie Säuren.

Fettsäuren.

Fettsäuren $= C_{2n}H_{2n}+O_4$.

Die Gruppe Säuren, deren niedrigstes Glied die Ameisensäure ist, bietet uns das erste, vollkommenste Beispiel von Homologie dar; die einzelnen Glieder selbst sind in ihren physischen und chemischen Eigenschaften, so wie in ihren Umwandlungsformen am genauesten erforscht. So finden wir z. B., dass wenn wir von der niedrigsten Verbindung ausgehen, der Siedepunkt dieser flüchtigen Stoffe von Glied zu Glied d. h. bei jeder Zunahme um C_2H_2 um eine gewisse Grösse steigt, und in gleichem Verhältnisse die Dampfdichte zunimmt, während im Gegentheil mit der Zunahme der Kohlenwasserstoffatome die Löslichkeit in Wasser, die Flüchtigkeit und die Reaction auf Pflanzenfarben abnimmt. Von Bedeutung dürfte es auch sein, dass in der Regel dieselben chemischen oder physischen Agentien auch ganz ähnliche und zwar

unter sich homologe Zersetzungsproducte bedingen. Bis jetzt lassen sich folgende genauer untersuchte Säuren in diese Gruppe einreihen.

Ameisensäure . .	$= C_2 H_2 O_4$.
Essigsäure . . .	$= C_4 H_4 O_4$.
Metacetonsäure .	$= C_6 H_6 O_4$.
Buttersäure . .	$= C_8 H_8 O_4$.
Baldriansäure . .	$= C_{10}H_{10}O_4$.
Capronsäure . .	$= C_{12}H_{12}O_4$.
Oenanthsäure . .	$= C_{14}H_{14}O_4$.
Caprylsäure . .	$= C_{16}H_{16}O_4$.
Pelargonsäure . .	$= C_{18}H_{18}O_4$.
Caprinsäure . .	$= C_{20}H_{20}O_4$.
Laurostearinsäure .	$= C_{24}H_{24}O_4$.
Myristinsäure . .	$= C_{28}H_{28}O_4$.
Palmitinsäure . .	$= C_{32}H_{32}O_4$.
Margarinsäure . .	$= C_{34}H_{34}O_4$.
Stearinsäure . .	$= C_{36}H_{36}O_4$.
Butinsäure . .	$= C_{40}H_{40}O_4$.
Melissinsäure . .	$= C_{60}H_{60}O_4$.

Die beiden Endglieder dieser Gruppe von Säuren zeigen in vielen Beziehungen so erhebliche physische und chemische Unterschiede, dass darnach auch ihre physiologische Bedeutung eine wesentlich verschiedene wird; deshalb dürfte es nicht unpassend erscheinen, diese Reihe in der Zoochemie, gleichwie diess früher in der allgemeinen Chemie allgemein geschah, in zwei Gruppen zu behandeln; ziemlich willkührlich lassen wir die erste Gruppe bis zur Caprinsäure gehen und nennen sie *flüchtige Fettsäuren*; sie sind flüssig oder wenigstens unter 30°C. schmelzbar, riechen meistens stark, sind unzersetzt destillirbar, in Wasser mehr oder weniger löslich, von stark saurer Reaction, während die Glieder der andern Gruppe fest oder butterartig weich sind, erst über 30° schmelzen, sich nur schwierig (im Kohlensäurestrome) destilliren lassen, in Wasser völlig unlöslich sind, und nur schwach (aus alkoholischer Lösung) oder gar nicht auf Pflanzenfarben wirken.

Allgemeine Eigenschaften derselben.

Flüchtige Fettsäuren.

Die Verbindungen und Umwandlungsproducte der flüchtigen Fettsäuren sind meistens sehr sorgfältig untersucht worden; von diesen werde aus der reinen Chemie nur Folgendes in Erinnerung gebracht: Die Salze der flüchtigen Fettsäuren sind grösstentheils in Wasser löslich; sie werden jedoch immer schwerer löslich, je höher das Atomgewicht der betreffenden Säure ist: deshalb sind die caprinsauren Salze die schwerstlöslichen.

Der Siedepunkt. Der Siedepunkt jener Säuren steigt für jede Säure mit der Zunahme um je C_2H_2, fast genau um 19°C.

Aldehyde. Jeder dieser Säuren entsprechen gewisse minder oxydirte Körper, die man Aldehyde genannt hat und welche man früher als niedere Oxydationsstufen sauerstofffreier Radicale angesehen hat; nämlich $C_4H_4O_4$ oder $C_4H_3O_3.HO$ entsprechend $C_4H_4O_2$ oder $C_4H_3O.HO$. Jetzt ist man dagegen geneigter diese Stoffe als Wasserstoffverbindungen anzusehen, nämlich $C_4H_3O_2.H$ dem Typus $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}$ entsprechend $= \left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\H\end{matrix}\right\}$

Die Aldehyde sind, so weit sie bis jetzt bekannt sind, tropfbarflüssige, flüchtige, leicht oxydirbare Körper, welche mit Ammoniak sowohl als mit doppelt schwefelsauren Salzen leicht krystallisirende Verbindungen eingehen.

Man hat die Aldehyde meist aus Alkoholen durch allmählige Oxydation (vermittelst Platinschwarz, Chromsäure, Braunstein und Schwefelsäure u. s. w.) entstehen sehen (z. B. $C_4H_6O_2 + 2O = 2HO + C_4H_4O_2$); allein man hat sie in neuerer Zeit aus ihren entsprechenden Säuren dadurch zu bilden vermocht, dass man das Alkalisalz einer solchen Säure mit einem ameisensauren Salze erhitzte (*Limpricht* und *Ritter*, Ann. der Ch. und Pharm. Bd. 97, S. 368 und *Piria*, ebendas. Bd. 100, S. 104) z. B. $\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\Ca\end{matrix}\right\}O_2 + \left.\begin{matrix}C_2HO_2\\Ca\end{matrix}\right\}O_2 = 2CaO.CO_2 + \left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\H\end{matrix}\right\}$. Da es gelang manche Aldehyde einer andern Säueregruppe in zweiatomige Alkohole zu verwandeln, so ist man auch geneigt gewesen, die Aldehyde dieser Gruppe als die Aetherarten oder Anhydride der Glycole anzusehen (Glycol $= C_4H_6O_4$, Aldehyd $= C_4H_4O_2$), so dass dieser Idee nach die Aldehyde dem Typus $\left.\begin{matrix}H_2\\H_2\end{matrix}\right\}O_2$ angehörten, jedoch so, dass beide Paare Wasserstoff durch das Radical C_4H_4 vertreten seien, nämlich Glycol $\left.\begin{matrix}C_4H_4\\H_2\end{matrix}\right\}O_4$, Aldehyd $= \left.\begin{matrix}C_4H_4\\C_4H_4\end{matrix}\right\}O_4$ (*Limpricht*, Ann. der Ch. und Pharm. Bd. 101, S. 291 und *A. Engelhardt*, Bullet. de St. Petersb. 1857, Nr. 364).

Durch trockne Destillation gewisser Salze dieser Säuren entstehen ölig flüssige, sehr stechend riechende, flüchtige Stoffe z. B. Butyral $= C_8H_8O_2$, Valeral $C_{10}H_{10}O_2$, welche sonach den Aldehyden isomer sind, sich aber von denselben namentlich dadurch unterscheiden, dass sie sich weder mit Ammoniak noch mit doppelt schwefligsauren Alkalien vereinigen; man könnte sie vielleicht mit grösserm Rechte für die Anhydride zweiatomiger Alkohole ansehen, als die Aldehyde.

Cetone. Eine andere Art farbloser, sehr flüchtiger und entzündlicher Stoffe, die sogenannten Acetone oder Cetone, bildet sich, wenn man die Alkali- oder Erdsalze derselben Säuren der trocknen Destillation unterwirft; so bildet sich z. B. aus essigsaurem Kalk das Aceton, indem kohlensaurer Kalk zurückbleibt $CaO.C_4H_3O_3 = CaO.CO_2 + C_3H_3O$; die homologen Stoffe würden demnach die generelle Formel $C_{2n-1}H_{2n-1}O$ haben;

allein vor allem spricht schon das specifische Gewicht ihrer Dämpfe dafür, dass diese Formel verdoppelt werden, also $= C_{2n}H_{2n}O_2$ sein muss; die bis jetzt bekannten bilden daher folgende Reihe:

Aceton $= C_6H_6O_2$
Propionon $= C_{10}H_{10}O_2$
Butyron $= C_{14}H_{14}O_2$
Valeron $= C_{18}H_{18}O_2$
Capronon $= C_{22}H_{22}O_2$
Caprylon $= C_{30}H_{30}O_2$ u. s. w.

Da diese Stoffe gleich den Aldehyden sich mit doppelt schwefligsauren Alkalien zu meist krystallinischen in Salzlösungen unlöslichen Verbindungen vereinigen, so betrachtet man sie als Aldehyde, in welchen das eine Atom Wasserstoff durch ein sauerstofffreies Alkoholradical ersetzt ist, nach dem Typus

$$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\} \quad \left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\H\end{matrix}\right\} \quad \left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\C_2H_3\end{matrix}\right\}$$

als Acetyl verbunden mit Methyl.

Diese Hypothese wird durch folgende Betrachtungen unterstützt. Nimmt man die Säuren dieser Gruppe, wie oben S. 18 bereits erwähnt, als Ameisensäuren an, in welchen das eine Atom Wasserstoff durch ein Alkoholradical ersetzt ist, so ist Essigsäure $= C_2(C_2H_3)O_3.HO$, Buttersäure $= C_2(C_6H_7)O_3.HO$, und bildet sich das Aceton nach folgender Formel

$$\left.\begin{matrix}C_2(C_2H_3)O_2\\Ca\end{matrix}\right\}O_2 + \left.\begin{matrix}C_2(C_2H_3)O_2\\Ca\end{matrix}\right\}O_2 = \left.\begin{matrix}C_2(C_2H_3)O_2\\C_2H_3\end{matrix}\right\} + 2CaO.CO_2$$

Es ist diess also ein der Aldehydbildung (s. S. 29) ganz analoger Process. Durch Erhitzen der Salze zweier kohlenstoffreichern Säuern hat man aber complicirtere Acetone z. B. aus essigsaurem und baldriansaurem Alkali den Körper $C_{12}H_{12}O_2$ erhalten, dessen rationelle Formel dann ebenso gut sein könnte $\left.\begin{matrix}C_8H_7O_2\\C_4H_5\end{matrix}\right\}$ als $\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\C_8H_9\end{matrix}\right\}$.

Wie in den meisten organischen Körpern können auch in diesen Säuren einzelne Atome Wasserstoff durch Chlor, Brom oder Iod ersetzt werden, z. B. Monochloressigsäure $= C_4H_2Cl\,O_3.HO$
Trichloressigsäure $= C_4Cl_3O_3.HO$
Dichlorbuttersäure $= C_8H_5Cl_2O_3.HO$
Quadrichlorbuttersäure $= C_8H_3Cl_4O_3.HO.$
vergl. oben S. 17.

Amide. Alle Säuren dieser Gruppe können sogenannte *Amide* bilden; dieselben entstehen durch Behandlung der Aethyloxydsalze dieser Säuren mit Ammoniak, während sich Alkohol als Nebenproduct bildet, z. B.

$$\underset{\text{Ammoniak.}}{\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}N} + \underset{\text{Essigäther.}}{\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2} = \underset{\text{Acetamid.}}{\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\H\\H\end{matrix}\right\}N} + \underset{\text{Alkohol.}}{\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}O_2}.$$

Dieselben Stoffe bilden sich auch durch Einwirkung von Ammoniak auf Chloracetyl oder Essigsäureanhydrid; indessen sind diese Bil-

dungsweisen zur Darstellung nicht geeignet; eher lässt sich aus dem Ammoniaksalze durch trockne Destillation das entsprechende Amid mit Vortheil gewinnen (*Kündig*, Ann. der Ch. und Pharm. Bd. 105. S. 277).

$$\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\Cl\end{matrix}\right\} + 2\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}N = \left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\H\\H\end{matrix}\right\}N + \left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}N.HCl$$

Chloracetyl. Ammoniak. Amid. Salmiak.

$$\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\C_4H_3O_2\end{matrix}\right\}O_2 + 2\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}N = \left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\H\\H\end{matrix}\right\}N + \left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\H_4N\end{matrix}\right\}O_2$$

Anhydrid. Amid. Essigs.-Ammoniak.

$$\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\H_3N\end{matrix}\right\}O_2 - 2HO = \left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\H\\H\end{matrix}\right\}N$$

Essigs.Ammoniak. Amid.

Die Amide dieser Säuren sind krystallisirbar, farblos, in Wasser und Alkohol löslich, unzersetzt sublimirbar, ohne Reaction auf Pflanzenfarben. Nur schwierig verbinden sich die Amide dieser Gruppe mit Säuren, mit Quecksilber- oder Silberoxyd. Wie alle Amide zerfallen sie durch Behandlung mit starken Säuren oder Alkalien unter Aufnahme von Wasser in Ammoniak und die entsprechenden Säuren; durch salpetrige Säure wird aus ihnen unter Bildung von Wasser und Stickstoff die entsprechende Säure wieder erzeugt, z. B. $C_4H_5NO_2 + NO_3 = N + 2HO + C_4H_3O_3$. Nur die Amide dieser Gruppe von Säuren geben bei der Behandlung mit Kalium Cyankalium und einen Kohlenwasserstoff.

Nitrile

Werden endlich die Amide dieser Säuren mit wasserfreier Phosphorsäure behandelt, so bilden sich aus ihnen unter Verlust von 2 At. Wasser die sogenannten Nitrile, welche aber nichts weiter als die Cyanverbindungen gewisser den Säuren entsprechender Aetherarten sind. Sie bilden ölige, sehr flüchtige Flüssigkeiten, in Wasser weniger als in Aether löslich, ohne Reaction auf Pflanzenfarben; durch starke Säuren oder Alkalien zerfallen sie unter Aufnahme von 4 At. Wasser in Ammoniak und die entsprechende Säure, z. B. Valeronitril giebt Baldriansäure, nämlich $C_{10}H_9N + 4HO = H_3N + C_{10}H_{10}O_4$. Mit Kalium behandelt liefern sie Cyankalium und Kohlenwasserstoffe. Man muss sie aber um so mehr als Cyanverbindungen betrachten, da z. B. das künstlich dargestellte Cyanaethyl alle Eigenschaften des Acetonitrils an sich trägt; es zerfällt nämlich bei Behandlung mit starken Alkalien in Metacetonsäure und Ammoniak, $C_6H_5N = C_4H_5.C_2N + 3HO = H_3N + C_6H_5O_3$, ganz so wie das aus Acetamid und Phosphorsäure dargestellte Acetonitril in dieselben Producte zerfällt. Blausäure ist demnach nichts weiter, wie das Nitril der Ameisensäure; denn auch sie zerfällt bekanntlich leicht in Ameisensäure und Ammoniak. Diese Thatsache war es, welche hauptsächlich für die Hypothese geltend gemacht wurde, wornach alle Säuren dieser Gruppe mit Aetherradicalen gepaarte Oxalsäuren seien z. B. Essigsäure = Methyloxalsäure = $C_2H_3.C_2O_3.HO$.

sind Verbindungen von Cyan mit Kohlenwasserstoffen.

Physiologisches Verhalten.

Vorkommen dieser Säuren.

Die Säuren dieser Gruppe kommen im thierischen Organismus im Allgemeinen selten und nur in geringern Mengen vor. Obwohl sie im Blute und in Organflüssigkeiten gefunden worden sind, so machen sie sich doch noch am meisten in den Excreten kenntlich. Ihre physiologische Bedeutung scheint daher auch im Ganzen nur eine geringe zu sein; sie gehören wohl zu den Endumwandlungen, denen die organischen Materien im thierischen Organismus unterliegen, und sind daher den excrementitiellen Stoffen beizuzählen, denen bis jetzt wenigstens kaum ein Einfluss auf einzelne Parthien des thierischen Stoffwechsels beigemessen werden kann.

Ameisensäure.

Die Ameisensäure ist einer der wesentlichsten Bestandtheile des Schweisses (*Schottin*)[1]; unter den flüchtigen Säuren desselben ist sie bei weitem überwiegend. Im Harn ist diese Säure bis jetzt nur nach Aufnahme grösserer Mengen vom Amygdalin in den Organismus (sei es durch Einführung dieses Stoffs in den Magen [*Ranke*][2]) oder durch Injection indie Venen) mit Erfolg gesucht worden. Obgleich diese Säure im Schweisse in so grosser Menge vorkommt, so ist sie doch noch nicht im normalen Blute nachgewiesen worden; *Scherer*[3]) fand sie im Blute nur in zwei Fällen von Leuchämie; dagegen constant, obwohl immer in geringen Mengen, in dem aus gesunder Menschen- oder Rindermilz ausgepressten Safte. Derselbe Forscher[4]) fand sie auch im Muskelsafte neben andern flüchtigen Säuren. Ob dieselbe aber nicht vielleicht ein Umwandlungsproduct ist, welches sich erst in Folge der chemischen Behandlung gebildet hat, muss vorläufig dahin gestellt bleiben; gewiss ist wenigstens, dass wenn man Fleisch, vorzüglich in bereits zerkleinertem Zustande, bei mittlerer Temperatur hat stehen lassen, ehe es ausgepresst und der Saft abgekocht wird, solches weit mehr Ameisensäure und andere flüchtige Säuren liefert, als ganz frisches Fleisch. Auch der Interstitialsaft der glatten Muskelfasern scheint Ameisensäure zu enthalten, wenigstens fand *Siegmund*[5]) solche in dem ausgepressten Safte eines schwangern Uterus. Endlich entdeckten auch *E. v. Bibra*[6]) und *W. Müller*[7]) in den wässrigen Auszügen gesunder Gehirne Spuren von Ameisensäure.

---

1) *Schottin, de sudore, diss. inaug. Lips.* 1851.
2) *Ranke,* Journ. f. pr. Ch. Bd. 56, S. 17.
3) *J. Scherer,* Verh. d. phys. med. Ges. zu Würzburg. Bd. 2, S. 321—325 und ebendas. Bd. 7, S. 123 f.
4) Ders. Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 69, S. 196.
5) *Siegmund,* Verh. der phys. med. Ges. zu Würzburg. Bd. 3, S. 50.
6) *E. v. Bibra,* Vergl. Untersuchungen über das Gehirn der Menschen und Wirbelthiere. Mannheim 1854. S. 54.
7) *W. Müller,* Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 103, S. 150.

Man wird die Ameisensäure in thierischen Flüssigkeiten am leichtesten ermitteln, wenn man nach Entfernung der coagulirbaren oder suspendirten Materien die Flüssigkeit mit ein wenig Schwefelsäure versetzt und sie bis zu einem geringen Volumen abdestillirt. Das saure Destillat wird am besten mit kohlensaurem Bleioxyd gesättigt und stark concentrirt; nach dem Abfiltriren des überflüssig zugesetzten kohlensauren Bleioxyds würde man, wenn z. B. nicht zu geringe Mengen Schweiss in Arbeit genommen wären, die gebildeten Salze auskrystallisiren lassen können; gewöhnlich wird aber die Menge der Ameisensäure so gering sein, dass es vorzuziehen ist, die Bleisalze zur Trockenheit abzudampfen; in den Fällen, wo Ameisensäure vorkommt, kann meistens nur noch Essigsäure in Frage kommen; die Bleisalze trennt man am besten durch Alkohol, in welchem das essigsaure löslich, das ameisensaure unlöslich ist. Aus dem ameisensauren Bleioxyd ist dann die Säure leicht durch Schwefelwasserstoff zu trennen, und dann an der bekannten Reaction gegen Silber und Quecksilberoxydsalze zu erkennen.

Essigsäure.

Die Essigsäure ist vorzugsweise auch im *Schweiss* gefunden worden, jedoch in etwas geringerer Menge als Ameisensäure, obgleich derselbe oft sehr intensiv nach jener Säure riecht. In dem Safte der *Milz*, der *quergestreiften* und der *glatten Muskeln* ist diese Säure neben der Ameisensäure (von denselben Forschern) gefunden worden, so auch im *Blute* Leuchämischer (von *Scherer*). *Bouchardat* und *Sandras*[1]) so wie *Frerichs*[2]) fanden aber geringe Mengen von Essigsäure im Blute solcher Thiere, welche mit Branntwein getränktes Futter erhalten hatten. Bei gestörter Verdauung tritt im Magen nach dem Genusse zucker- oder stärkmehlhaltiger Substanzen zuweilen Bildung von Essigsäure ein, die dann in dem *Erbrochenen* leicht nachzuweisen ist. Im frischen *Harn* ist ein Essigsäuregehalt noch nicht nachgewiesen worden; doch bildet sich beim Stehen des normalen (*Liebig*), besonders aber des diabetischen Harnes zuweilen Essigsäure (*Neubauer*[3]).

Ducheck glaubte im Blute in Folge reichlichen Branntweingenusses verstorbener Hunde Aldehyd gefunden zu haben, allein jeder Chemiker weiss, dass Chromsäure auch durch andre organische Substanzen reducirt wird, als durch Aldehyd; *Buchheim* und *Masing*[4]) fanden bei ähnlichen Versuchen niemals Aldehyd.

Um die Essigsäure in thierischen Flüssigkeiten zu erkennen, hat man nach Entfernung der coagulabeln Materien das Filtrat mit einigen Tropfen Schwefelsäure zu versetzen und zu destilliren, das Destillat mit reinem kohlensauren Natron zu sättigen und zur Krystallisation zu verdunsten; werden Krystalle erhalten, so sind diese entweder essigsaures oder ameisensaures Salz; die möglicher Weise die Essigsäure begleitenden Säuren, Propionsäure und Buttersäure, geben mit Natron keine krystallisirbaren Salze; die Unterscheidung von der Ameisensäure ist so eben angegeben; das essigsaure Natron giebt aber mit salpetersaurem Quecksilberoxydul (wenn die Lösungen

---

1) *Bouchardat* u. *Sandras*, *Ann. de Chim. et de Phys. III. Sér.* T. 21, p. 448—457.
2) *Frerichs*, *R. Wagner's* Handwörterb. der Physiol., Bd. 3., Abthl. 1, S. 808.
3) *Neubauer*, Ann. der Ch. und Pharm. Bd. 97, S. 129—138.
4) *Rud. Masing*. *Diss. inaug. Dorpati Liv.* 1854.

nicht allzu verdünnt sind) einen sich allmählich in Schuppen ausscheidenden Niederschlag, der unter dem Mikroskop neben unregelmässigen Formen sehr schöne rhombische Tafeln zeigt; mit Eisenchlorid giebt aber das essigsaure Natron die bekannte rothe Färbung (nicht Fällung), welche dadurch von der ähnlichen des Eisenrhodanids leicht unterschieden werden kann, dass Zusatz von Kaliumeisencyanid kein Berlinerblau ausscheidet. Das essigsaure Natron mit arseniger Säure gemengt in einem Probierröhrchen zu erhitzen und aus dem Alkarsingeruch die Essigsäure zu erkennen, dürfte weniger empfehlenswerth sein, da bei geringen Mengen der Geruch leicht täuschen kann, bei grössern aber diese Reaction überflüssig ist.

Metacetonsäure.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass geringe Mengen von Propionsäure (Metacetonsäure) überall da im Thierkörper vorkommen, wo Essigsäure und Buttersäure gefunden worden ist; indessen ist sie mit Bestimmtheit noch nirgends nachgewiesen worden. Im *Schweisse* ist sie von *Schottin*, im *Magensafte* einer Frau von *C. Schmidt*[1]) und in den bei Cholera *erbrochenen Massen* von *Hermann*[2]) mehr gemuthmasst als ermittelt worden.

Um die Propionsäure in thierischen Flüssigkeiten zu erkennen, verfährt man zunächst ganz wie bei der Untersuchung derselben auf Ameisensäure und Essigsäure; man zersetzt die von den Krystallen des ameisensauren und essigsauren Natrons abgegossene Mutterlauge mit Schwefelsäure, und destillirt ab; gewöhnlich geht aber da neben der Propionsäure noch Essigsäure mit über; um diese beiden zu trennen, sättigt man mit kohlensaurem Bleioxyd; das essigsaure Bleioxyd ist nur krystallisirbar, das propionsaure schwer. Propionsaures Natron giebt endlich mit salpetersaurem Silberoxyd einen Niederschlag, der sich im Kochen etwas löst, bei fortgesetztem Kochen aber einen schwarzen Niederschlag von reducirtem Silber ausscheidet.

Buttersäure.

Buttersäure findet sich vorzugsweise und wie es scheint constant im *Schweisse*, jedoch durchschnittlich in geringerer Menge, als Ameisensäure und Essigsäure; nach *Schottin* tritt sie in grösserer Menge im Schweisse bei Wechselfiebern auf. Dass auch im *Blute* Buttersäure enthalten sei, ist ihrem übrigen Vorkommen nach höchst wahrscheinlich, indessen ist dieselbe bis jetzt noch nicht direct darin nachgewiesen worden. Im *Harn*, wo *Berzelius* sie zuerst nachwies, kommt sie nur selten vor. Im Safte der *Milz*, so wie in dem der quergestreiften *Muskeln* ist sie von *Scherer*, wiewohl nur in sehr geringen Mengen gefunden worden; so findet sie sich auch im Safte der glatten Muskelfasern. Schon *Tiedemann* und *Gmelin* fanden in den *Magencontentis* mit Hafer gefütterter Schafe Buttersäure; *C. Schmidt* wiess Spuren derselben aber auch in wenig scheinbar reinem *Magensafte* von Schafen und von einer Frau nach. Dass im Magen abnormer Weise auch Buttersäuregährung eintreten kann, dürfte wenigstens daraus zu schliessen sein, dass in den bei Verdauungsstörungen erbrochenen Massen zuweilen Buttersäure neben Essigsäure gefunden wird. Da Butterfett durch pankreati-

1) *C. Schmidt*, Arch. für phys. Heilk. Bd. 13, S. 172.
2) *Hermann*, *Poggendorfs* Ann. Bd. 22, S. 169.

schen Saft so leicht in Glycerin und Buttersäure zerlegt wird, sollte man schon im Dünndarme das Auftreten dieser Säure erwarten; diess ist indessen noch nicht beobachtet worden und würde nur unter abnormen Verhältnissen der Fall sein können, da *Bidder* und *Schmidt* nachgewiesen haben, dass Butterfett von pankreatischem Safte nur dann zerlegt wird, wenn keine freie Säure zugegen ist; diese fehlt aber unter normalen Verhältnissen im Duodenum nie. Dagegen hat *Frerichs*[1]) diese Säure öfter im *Inhalte des Cöcums und Colons* angetroffen; auch ist sie in den festen *Excrementen* nach Genuss vegetabilischer Nahrung nachzuweisen.

Dass die Buttersäure, welche wir in den ersten Wegen zuweilen vorfinden, das Product einer Gährung stärkmehl- oder zuckerhaltiger Darmcontenta sei, darüber kann wohl kein Zweifel sein. Man hat aber aus der Erfahrung, dass Amylacea zur Fettbildung im thierischen Organismus viel beitragen, schliessen zu dürfen geglaubt, dass es eine solche Buttersäuregährung der Kohlenhydrate sei, welche gewissermassen die erste Anlage zur Fettbildung im Thierkörper abgebe; und dafür möchte selbst das constante Vorkommen des Butterfetts neben den andern neutralen Fetten wie Margarin, Palmitin u. s. w. in der Milch als Stütze angeführt werden können. Dagegen möchte aber das Vorkommen der Buttersäure im Schweisse wohl mehr dafür sprechen, dass diese Säure ein Excretionsproduct ist, entstanden theils durch das Zerfallen stickstoffhaltiger Materien unter Hülfe des im Blute kreisenden Sauerstoffs (man erinnere sich der Zersetzungsproducte der Albuminate bei der Fäulniss oder durch oxydirende Mittel) theils vielleicht auch durch allmählige Oxydation einzelner Kohlenwasserstoffatome der nicht flüchtigen Fette.

Dokymasie. Um die Buttersäure in thierischen Flüssigkeiten zu erkennen, hat man zunächst ebenso zu verfahren, wie bei den vorerwähnten Säuren. Da die Buttersäure gewiss nur selten ohne Begleitung andrer flüchtiger Säuren vorkommt, so ist ihr stricter Nachweis nicht leicht zu führen; denn auf den Geruch allein darf man sich in keinem Falle verlassen. Ein Gemeng solcher Säuren durch fractionirte Destillation trennen zu wollen, wird bei den gewöhnlichen zoochemischen Untersuchungen stets ein vergebliches Unternehmen sein; denn bei den meist sehr geringen Mengen verbietet sich diess von selbst, und man weiss überdiess, dass trotz der theoretisch für die reinen Säurehydrate festgestellten Siedepunkte diese Säuren meist gemengt überdestilliren, zumal wenn man sie nicht möglichst von Wasser befreit hat. *Liebig*[2]) hat zur Trennung von Essigsäure, Buttersäure und Baldriansäure eine auch bei Gegenwart nur geringer Mengen solcher Säuren recht praktische Methode angegeben. Dieselbe beruht darauf, dass, wenn man ein Gemeng solcher Säuren nur zum Theil mit reinem Alkali sättigt, und destillirt, das Alkali nur die Essigsäure bindet, damit ein saures Salz bildend, während Buttersäure und Baldriansäure überdestilliren; wenn mehr Essigsäure vor-

1) *Frerichs*, *R. Wagner's* Handwörterb. der Physiol. Bd. 3, Abth. 1, S. 853.
2) *Liebig*, Ann. der Ch. und Pharm. Bd. 71, S. 355.

handen ist, als das zugesetzte Alkali zu binden vermag, so destillirt natürlich noch etwas über, aber es bleibt ein reines essigsaures Salz zurück. Hat man es im Destillate nur mit Buttersäure und Baldriansäure zu thun und man sättigt wiederum nur theilweise mit Alkali, so bindet sich die minder flüchtige Baldriansäure an das Alkali und die Buttersäure destillirt über. Man erhält also in dem einen wie im andern Falle die Buttersäure im Destillate. Es ist leicht zu übersehen, dass, da man nie genau soviel Alkali zuzusetzen vermag, dass gerade die eine Säure gesättigt ist, entweder Essigsäure oder Baldriansäure mit in das Destillat übergeht, (wobei aber das rückständige Salz nur die eine Säure rein enthalten würde) oder reine Buttersäure übergeht und das rückständige Salz mit Buttersäure gemengt zurückbleibt. Mikroskopisch pflegt man die Buttersäure noch am besten an den Formen ihres Barytsalzes zu erkennen.

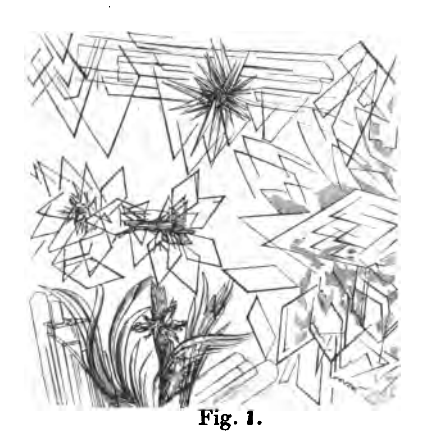


Fig. 1.

Wenn eine Lösung buttersauren Baryts der Selbstverdunstung (d. h. also bei gewöhnlicher Temperatur) überlassen worden ist, so scheidet er sich in fettglänzenden blättrigen Massen oder auch in Warzen aus, die unter dem Mikroskop bald sehr flache Prismen darstellen (wie in der Figur oben und unten links dargestellt ist, oder in ebenfalls sehr dünnen rautenförmigen Platten, die meist unter verschiedenen Winkeln zu Drusen zusammengruppirt sind). Eine krystallometrische Bestimmung ist nur schwer mit Erfolg auszuführen, da die Winkel der Rhomben in verschiedenen Platten verschieden sind, was nur zum Theil von der Projection abhängig ist. Nicht selten scheidet sich dieses Salz auch in den unten links verzeichneten schwertförmigen Blättern aus.

Diejenigen flüchtigen Fettsäuren, deren Kohlenstoffatomzahl nicht durch 4 theilbar ist, nämlich Baldriansäure, Oenanthsäure und Pelargonsäure sind bis jetzt noch nicht präformirt im thierischen Organismus nachgewiesen worden, obgleich sich namentlich die Baldriansäure nicht selten bei der Fäulniss oder der durch oxydirende Körper vermittelten Zersetzung thierischer stickstoffhaltiger Materien z. B. Casein, Fibrin u. s. w. zu erzeugen pflegt. Diese letztere glaubt *Frerichs*[1]) indessen im *Harn* bei Typhus, Blattern und acuter Leberatrophie als Umsetzungsproduct des Leucins gefunden zu haben. Sollten die von *Chevreuil* aufgefundenen flüchtigen Fettsäuren, nämlich Delphinsäure und Hircinsäure, mit der Baldriansäure indentisch sein, wie nach *Löwig* wohl anzunehmen sein möchte, so würden diese Säuren vielleicht im *Blute* der Delphine und Ziegen zu suchen sein.

Flüchtige Säuren der Butter.

Drei andre flüchtige Fettsäuren, Capronsäure, Caprylsäure und Caprinsäure sind auch nur als Zersetzungsproducte und zwar bei der Verseifung der *Butter* gefunden worden; indessen ist es nicht unwahrscheinlich, dass diese Säuren, wenn auch in sehr geringen Men-

1) *Frerichs*, Wien. med. Wochensch. 1854, Nr. 30.

gen frei oder an Basen gebunden im thierischen Organismus vorkommen. Obgleich im menschlichen normalen *Schweisse* weder Capronsäure noch eine der beiden andern Säuren nachgewiesen werden konnte, so hat doch der Schweiss in manchen Krankheiten und bei einigen Thieren einen Geruch, der dem dieser Säuren sehr ähnlich ist. Setzt man zu *Blut* verschiedener Thiere grössere Mengen concentrirter Schwefelsäure, so entwickeln sich Gerüche verschiedener Art, die aber darin einander gleichen, dass sie von flüchtigen Säuren herrühren. (*Barruel's* Diagnostik des Bluts verschiedener Thiere von dem des Menschen beruht hierauf). *Matteucci*[1]) glaubt sich auf diese Weise von dem Gehalte des Ziegenbluts an Capronsäure überzeugt zu haben.

Dokymasie derselben.

Da diese Säuren gewissermassen nur spurweise im Thierkörper vorkommen, so wird sehr selten der Fall eintreten, dass man eine Unterscheidung derselben zu versuchen wagte; denn besonders empfindliche Reagentien, um kleine Mengen dieser Säuren zu erkennen und zu unterscheiden, giebt es nicht. An eine Bestimmung nach der Differenz der Siedepunkte ist nicht zu denken, da man bekanntlich zur Ausführung solcher Versuche sehr grosse Mengen zur Disposition haben muss. Selten wird auch von den Säuren soviel zu erhalten sein, dass man sich ihrer Barytsalze zur Unterscheidung und Trennung bedienen könnte. Die Barytsalze genannter Säuren sind nämlich um so schwerer in Wasser löslich, je kohlenstoffreicher sie sind; daher wird sich aus einer Lösung dieser Salze zuerst der caprinsaure Baryt, dann der caprylsaure und endlich der capronsaure (ist Buttersäure vorhanden zuletzt der buttersaure) in Krystallen ausscheiden. Sollte wirklich einmal auf diese Weise eine Trennung (die übrigens nur nach wiederholtem Umkrystallisiren reine Salze liefern würde) erzielt worden sein, so würde ihre Menge doch immer zu gering sein, um aus der Bestimmung der Sättigungscapacität einen sichern Schluss auf die Anwesenheit der einen oder der andern Säure ziehen zu können. Leider bilden die Krystalle der Barytsalze dieser 8 Säuren auch unter dem Mikroskope so ähnliche Formen, dass auch dieses Instrument nicht zu ihrer Diagnose verwendet werden kann. *R. Wagner* hat endlich zur Ermittelung der Caprinsäure empfohlen, solche mit concentrirter Schwefelsäure zu behandeln und dann mit Kali zu übersättigen, wobei sich Geruch nach Rautenöl entwickelt; dieses Verfahren ist jedoch unter den gewöhnlichen Verhältnissen, in denen wir nach Caprinsäure suchen, durchaus unzuverlässig.

Physiologischer Werth.

Die Umstände, unter welchen diese Stoffe im Thierkörper vorkommen, deuten darauf hin, dass sie nicht eben eine bedeutende Rolle im thierischen Stoffwechsel spielen; sie treten meist als Ausscheidungsproducte auf und dürften sonach der sogenannten regressiven Stoffmetamorphose angehören d. h. aus jenen Umwandlungen hervorgehen, welche Gewebe und Säfte bei ihren physiologischen Functionen erleiden. Im Zustande völliger Gesundheit pflegt der thierische Organismus weniger von diesen Materien abzuscheiden, da sie dann grösstentheils weiter oxydirt und in Form von Kohlensäure und Wasser ausgeschieden werden. Wir sehen sie daher besonders dann in vermehrter Menge in den

1) *Matteucci*, *Ann. de Chim. et de Phys.* 1833. T. 52, p. 137.

Excreten auftreten, wenn in Folge irgendwelcher pathologischer Processe der Oxydationsprocess im Blute beeinträchtigt ist.

Dass Zustände, welche die Ausscheidung dieser Materien aus dem Blute hemmen, einen perversen Stoffwechsel und pathologische Erscheinungen bedingen müssen, ist selbstverständlich; welcher Art aber diese pathologischen Erscheinungen sind und ob sie mit dem, was man Rheumatismus nennt, coïncidiren, muss noch dahingestellt bleiben.

Aus welchen Bestandtheilen des Thierkörpers diese Stoffe vorzugsweise hervorgehen, lässt sich noch nicht mit Bestimmtheit entscheiden; am nächsten liegt wohl der Gedanke, dass sie sich aus den Fetten oder den eigentlichen festen Fettsäuren durch allmählige Oxydation ihrer Kohlenwasserstoffradicale hervorbilden; dafür scheint auch ihr gleichzeitiges Vorkommen mit andern Fetten z. B. in der Butter u. s. w. zu sprechen. Indessen sehen wir bei den Zersetzungen mancher stickstoffhaltiger Körper und namentlich der eiweissartigen so oft sich Baldriansäure und Buttersäure bilden, dass wenigstens die Annahme, wornach sie auch aus dem Verbrauch stickstoffhaltiger Gewebstheile hervorgehen könnten, nicht ganz von der Hand zu weisen ist.

Man ist lange Zeit auch geneigt gewesen, diese Körper als angehörig der progressiven Metamorphose zu betrachten d. h. man glaubte, dass sie aus dem Amylon oder Zucker der Nahrungsmittel durch gewisse Gährungsprocesse hervorgingen und somit gewissermaassen Mittelglieder zwischen jenen stickstofflosen Nährstoffen und den eigentlichen Fetten bildeten; *Bödeker*[1]) hat erst neuerdings diese Hypothese durch chemische Formeln zu stützen gesucht, allein möge immerhin viel Fett aus Zucker im Thierkörper gebildet werden, (siehe Stoffwechsel und Ernährung), so sprechen doch physiologische und pathologische Erfahrungen genugsam dagegen, dass die im Schweisse, Blute oder andern Excreten gefundene Buttersäure, Baldriansäure und Capronsäure Producte einer progressiven Stoffmetamorphose seien.

Feste oder eigentliche Fettsäuren.

Wie bereits oben bemerkt, sind diese Säuren den flüchtigen Fettsäuren durchaus homolog und zeigen daher keine wesentlichen Unterschiede, sondern nur graduelle, die ganz entsprechend sind dem Atomgewichte oder dem Gehalt an Kohlenwasserstoff. Sie lassen sich aber im Allgemeinen von ihren Verwandten niedern Atomgewichts durch folgende Eigenschaften unterscheiden; bei gewöhnlicher Temperatur sind sie fest, werden bei höherer Temperatur butterartig und endlich ölig flüssig; ihr eigentlicher Schmelzpunkt steigt aber mit ihrem Atomgewichte; sie sind daher um so fester und weniger schmierig, je mehr Kohlwasserstoffatome sie enthalten: ihr Schmelzpunkt liegt meistens etwas höher als ihr Erstarrungspunkt; beim Erstarren werden sie nicht blättrig oder fasrig krystallinisch, sie sind völlig geruchlos und geschmacklos, machen Papier durchscheinend, beim Erwärmen verschwindet der

1) *Bödeker*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 106, S. 172—184.

durchscheinende Fleck nicht wieder, in Wasser sind sie völlig unlöslich, lösen sich nur in siedendem Alkohol in grössern Mengen und scheiden sich daraus beim Erkalten in Krystallflimmern wieder aus; in Aether sind sie leichter löslich als in Alkohol; nur im luftleeren oder sauerstofffreien Raum lassen sie sich bei einiger Vorsicht unzersetzt destilliren; bei jähem Erhitzen an der Luft zersetzen sie sich, ihre Zersetzungsproducte sind entzündlich. Ihre alkoholischen Lösungen röthen Lackmus schwach, aus kohlensauren Salzen treiben sie beim Erwärmen die Kohlensäure aus; nur ihre Alkalisalze sind in Wasser löslich, zerfallen aber darin leicht in saure Salze und kohlensaures oder freies Alkali; mit Erden und Metalloxyden bilden sie unlösliche Salze.

Merkwürdig ist es, dass neuern sorgfältigen Untersuchungen zufolge nur solche Fettsäuren in Thieren und Pflanzen vorzukommen scheinen, deren Kohlenstoffatomzahl durch 4 theilbar ist, während man früher viele Zwischenglieder gefunden zu haben glaubte, welche 22, 26, 30, 34 At. Kohlenstoff enthielten. Es ist namentlich durch *Heintz*[1]) dargethan worden, dass fast alle letztgenannten Säuren nur Gemenge solcher Säuren sind, deren Kohlenstoffatomzahl durch 4 theilbar ist.

Dass der Stearinsäure die Formel $C_{36}H_{36}O_4$ und nicht, wie man früher annahm, $C_{68}H_{67}O_6$ zukommt, ist zuerst von *Heintz* bewiesen und später von *Pabal*[2]) bestätigt worden.

Heintz's[3]) Erfahrungen nach scheint in den thierischen Fetten und namentlich in der Butter noch eine Fettsäure von höherm Atomgewichte $= C_{40}H_{40}O_4$ vorzukommen. *Gössmann*[4]) entdeckte eine solche in dem Erdnussöl (aus den Saamen von Arachis hypogaea).

Die Schmelzpunkte dieser Säuren sind im reinsten Zustande neuern Bestimmungen nach (*Heintz*) Laurinsäure 43,6^0, Myristinsäure 53,8^0, Palmitinsäure 62,0^0 Stearinsäure 69,2^0 und Arachinsäure (*Gössmann*) 74,8^0. Wie bei vielen Metalllegirungen ist der Schmelzpunkt von Gemengen dieser Säuren immer niedriger, als sich nach den Schmelzpunkten der einzelnen Säuren erwarten lassen sollte, ja er fällt sogar zuweilen unter den Schmelzpunkt der leichtest schmelzbaren Säure.

Obwohl die Existenz der Margarinsäure d. h. einer Säure von der Zusammensetzung $= C_{34}H_{34}O_4$ völlig ausser Zweifel gesetzt schien, so hat doch *Heintz*[5]) durch sehr sorgfältige Versuche erwiesen, dass wenigstens die meisten Objecte, die man bisher für Margarinsäure ansah, nichts sind als ein Gemeng von Stearinsäure und Palmitinsäure. Da sonach das Bestehen einer wirklichen Margarinsäure von der angeführten Zusammensetzung zweifelhaft erschien, drängte sich die Frage auf, ob nicht auf ähnliche Weise, wie z. B. Capronsäure aus Cyanamyl durch Vermittlung von Kali dargestellt werden

1) *Heintz*, Pogg. Ann. Bd. 92, S. 429 u. 588.
2) *Pabal*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 91, S. 138—155.
3) *Heintz*, Pogg. Ann. Bd. 90, S. 149.
4) *Gössmann*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 89, S. 1 - 11 u. *Gössmann* u. *Schwan*, ebend. Bd. 97, S. 257—265.
5) *Heintz*, Pogg. Ann. Bd. 87, S. 553.

kann ($C_{10}H_{11}.C_2N + 4HO = H_3N + C_{12}H_{12}O_4$), aus Cyancetyl ($C_{32}H_{33}.C_2N$) und Kali eine Säure von der Zusammensetzung $C_{34}H_{34}O_4$ hergestellt werden könne. *Becker*[1]) sowohl als *Heintz*[2]) ist diese künstliche Erzeugung einer Margarinsäure gelungen, welche aber manche Verschiedenheit von dem bisher für Margarinsäure gehaltenen Gemeng (aus Stearinsäure und Palmitinsäure) zeigt; so erstarrt sie z. B. nicht strahlig fasrig, sondern mehr schuppig und lässt sich durch fractionirte Fällung nicht in verschiedene Säuren spalten; ihr Schmelzpunkt ist aber dem jenes Gemenges ziemlich gleich, nämlich 59,9°.

Wie die flüchtigen Fettsäuren können auch diese Säuren in Amide, Cetone u. s. w. verwandelt werden; indessen sind derartige Producte im Ganzen noch wenig untersucht.

Von den oben angeführten Fettsäuren kommen im thierischen Organismus Laurinsäure, Myristinsäure und Butinsäure nur in geringern Mengen vor, am häufigsten findet man die Gemenge von Palmitinsäure mit Stearinsäure. Nur selten trifft man sie übrigens frei in thierischen Flüssigkeiten an, meist nur in solchen, die bereits innerhalb oder ausserhalb des Körpers einen bestimmten Grad von Zersetzung erlitten haben, so z. B. im *Eiter*, der entweder an der Luft sauer geworden oder den sog. kalten Abscessen, Senkungsabscessen entlehnt ist. Man beobachtet dort besonders die wirtel- und grasförmigen Büschel von sog. Margarinsäurenadeln, so wie die rautenförmigen und schwertblattförmigen Krystalle von Stearinsäure neben Oeltropfen und sog. Margarin. Zuweilen findet man sie noch in den Flüssigkeiten beim *Hydrops saccatus;* sehr oft sind sie auch frei in den festen *Excrementen* nachzuweisen.

Unter ,,Eiter'' ist eine Abbildung sauer gewordenen Eiters gegeben, in welchen die eben erwähnten Formen der sauren und neutralen Fette dargestellt und näher beschrieben sind.

Viel häufiger sind diese Säuren an Alkalien gebunden und kommen als solche Salze im *Blute*, im *Chylus*, im *Speichel*, in *Exsudaten*, besonders aber in der *Galle* und im *Eiter* vor.

Neutrale Fette.

Ihren physiologischen Werth aber bedingt das Vorkommen dieser Säuren in Form sogenannter neutraler Fette, in welchen sie an die stickstofffreie Basis, Glycerin $C_6H_8O_6$ gebunden sind. Stets mit mehr oder weniger ölsaurem Glycerin, Elaïn, gemengt, bilden sie das gewöhnliche thierische Fett, welches theils in besondern Zellen hauptsächlich im Unterhautbindegewebe abgelagert ist, theils auch in Tropfenform in den meisten thierischen Säften und vorzüglich in der Milch suspendirt gefunden wird.

Vorkommen in Geweben,

Bekanntlich unterscheiden die Anatomen ein besondres Fettgewebe, d. i. Zellgewebe, in welchem die erwähnten ovalen oder polyëdrischen Fettzellen abgelagert sind. An manchen Organen ist das Fettgewebe ein integrirender Bestandtheil, der selbst in Krankheiten niemals gänzlich schwindet, z. B. in der *Augenhöhle*, zwischen den Muskel-

1) *Becker*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 102, S. 209–219.
2) *Heintz*, Ber. d. Ak. d. Wiss. zu Berlin 1857, S. 417.

bündeln des *Herzens*, zwischen den *Gesichtsmuskeln*. Sehr variable Mengen solcher Fettzellen finden sich dagegen im Bindegewebe *unter der Lederhaut*, in dem die *Muskeln* einhüllenden Bindegewebe, besonders zwischen den Glutaeen, unter der Haut der Fusssohle und des Handtellers. Oft sind die *Sehnen* von Fettsäckchen umhüllt, die zuweilen in die Gelenke hineinragen (*Havers*'sche *Drüsen*). Starke Anhäufungen von Fettzellen finden sich ferner zwischen den Blättern des *grossen Netzes*, um die *Nieren* herum und besonders in den weiblichen Brüsten. Das Mark der Knochen besteht grösstentheils aus elaïnreichem Fett. Sehr arm an Fett und völlig frei von Fettzellen sind das Lungengewebe, die Eichel, die Clitoris und das Gehirn.

Auch in thierischen Säften kommt das Fett theils frei in Tröpfchen, theils in besondern Hüllen eingeschlossen vor, und zwar nicht in geringen Mengen, so z. B. in der *Milch*, wo jedes Tröpfchen von einer feinen Membran umgeben ist; im *Eidotter* ist das Fett theils auch in Membranen eingeschlossen, theils tropfenförmig suspendirt; dasselbe gilt vom *Chylus*, namentlich nach fettreicher Nahrung, und zum Theil auch von der *Lymphe*. Im *Blute* sind dagegen mehr verseifte und aufgelöste Fette, als freie suspendirte enthalten. Nur unter besondern Umständen nimmt das suspendirte, unverseifte Fett im Blute zu, z. B. kurze Zeit nach dem Genusse fettreicher Nahrung, oft bei Schwangern, hauptsächlich aber bei Säufern, wenn sich bei denselben bereits Lebergranulation eingestellt hat. Die *festen Excremente* enthalten viel freies Fett, theils nach überreichlichem Fettgenuss, besonders wenn gleichzeitig Diarrhoee eingetreten ist, oder wenn der Zufluss der Galle zum Darme entweder ganz gehindert oder nur beeinträchtigt ist, sei die Ursache mechanische Verstopfung der Gallengänge (durch Krampf, Gallenconcremente, Duodenalkatarrh) oder mangelhafte Secretion der Galle.

in Flüssigkeiten.

Manche Organe, wie die *Leber*, *Milz* und selbst die *Nieren* enthalten im normalen Zustande immer mehr oder weniger Fett in den ihnen eigenthümlichen Zellen eingeschlossen oder ausserhalb der Zellen; in pathologischen Zuständen aber, besonders nach dem Ablaufe von Gewebsentzündungen dieser Organe häufen sich feine Fettkörnchen theils in den Zellen, theils ausserhalb derselben in sehr grossen Mengen an; man hat diesen Zustand *fettige Degeneration* genannt und als Ausgang der Entzündung betrachtet.

Fettige Degeneration gewisser Organe.

Abnormer Weise sammelt sich auch Fett in *Balggeschwülsten* und sog. *Lipomen* an; so sind auch Krebsgeschwülste oft sehr fettreich. Bilden sich ferner im Körper durch Substanzverlust, durch zu jähe Resorption u. dergl. Hohlräume, so wird an der Stelle der zu Grunde gegangenen Gewebe oft Fett abgelagert, so in *gelähmten Muskeln* und in durch irgend einen pathologischen Process *rarificirtem Knochengewebe*.

Betrachten wir den Fettreichthum des Thierkörpers im Allgemeinen, so finden wir, dass derselbe je nach dem *Lebensalter* sehr wechselt; während in den frühern Perioden des Foetallebens dem Organismus fast alles

Einflüsse auf die Quantitäten des in den Organen abgelagerten Fettes.

Fett fehlt, finden wir dasselbe bei Neugebornen gewöhnlich in grosser Menge angesammelt; dieser Fettreichthum pflegt erst gegen die Entwicklung der Pubertät hin erheblich abzunehmen, steigt aber wieder im Mannesalter und schwindet bedeutend im Greisenalter. Der *weibliche Körper* ist durchschnittlich fettreicher und geneigter zu Fettablagerungen, als der männliche. Dass geschlechtliche Reizbarkeit, angestrengte Muskelthätigkeit, Nahrungsweise, Temperament und Gemüthszustände von nicht geringem Einfluss auf die Fettablagerung im Körper sind, lehrt die tägliche Erfahrung.

Ursprung des Fetts im Thierkörper.

Dass der Ursprung der Fette des Thierkörpers hauptsächlich in dem Fettgehalte der Nahrungsmittel zu suchen sei, ist nicht zu bezweifeln; indessen haben die sorgfältigsten statistisch-chemischen Versuche theils an milchgebenden Thieren, theils an solchen, die der sogenannten Mast unterlagen, theils an nur mit Zucker gefütterten Bienen erwiesen, dass auch der thierische Organismus gleich dem pflanzlichen das Vermögen der Fettbildung besitze. Der thierische Organismus muss solchen Bestimmungen nach, die eine weit grössere Zunahme von Fett auswiesen, als aus den Nahrungsmitteln herzuleiten war, die Fähigkeit besitzen, entweder aus den ihm zugeführten Kohlenhydraten oder den stickstoffhaltigen Proteïnkörpern Fett zu erzeugen. Wir werden später bei der Betrachtung des thierischen Stoffwechsels im Allgemeinen näher auf die Gründe eingehen, welche für die eine oder die andre Bildungsweise des Fettes im Thierkörper sprechen; doch müssen wir schon hier das Bekenntniss ablegen, dass wir nicht wissen, auf welche Weise, durch welchen Process und nach welcher chemischen Gleichung sich das Fett aus Kohlenhydrat oder Proteïnsubstanz herausbilde. Wir kennen daher ebensowenig die Stätte, wo die Fettbildung eigentlich vor sich geht, als wir überhaupt wissen, ob der Organismus auch bei hinreichender Fettzufuhr sich noch seines Fettbildungsvermögens bediene.

Physiologischer Werth der Fette: sie gewähren mechanische Vortheile, sie schützen vor Stössen,

Die Fette haben für den thierischen Organismus einen sehr hohen physiologischen Werth, so dass wir bei Betrachtung der allgemeinen Stoffmetamorphose noch ausführlicher auf dieselben werden zurückkommen müssen. Hier genüge zur Beurtheilung der physiologischen Functionen der Fette nur soviel: Wir sehen zuvörderst das Fett besonders an den Theilen angehäuft, welche heftigern *Stössen* oder Druckkräften von Aussen ausgesetzt sind; es dient dort als Polster oder Stosskissen, um die Vehemenz solcher äussern Eindrücke möglichst zu neutralisiren. Wir sehen es daher nicht blos unter der Fusssohle, der Hohlhand und der Tuberositas ischii, sondern auch in besondre Säcke eingeschlossen in die Gelenkhöhlen zwischen die Knochen gelagert.

bedingen grössre Beweglichkeit der Organe an einander,

Das Fett füllt ferner Hohlräume zwischen Muskeln und andern Organen aus, um diesen mehr *freie Beweglichkeit* zu gestatten, daher dessen Anhäufung im Netze, in der Augenhöhle und zwischen den Herzmuskeln.

Dass Organe, wie die Knochen, namentlich wenn ihr Gewebe rari-

ficirt ist, durch den Fettgehalt weniger brüchig und gewissermaassen *geschmeidiger* werden, bedarf kaum der Erwähnung.

machen gewisse Gewebe geschmeidiger,

Das Fett ist ferner ein *schlechter Wärmeleiter;* um daher den Verlust des Körpers an freier Wärme durch Strahlung möglichst zu verringern, sehen wir im Unterhautzellgewebe grössere oder geringere Mengen Fett abgelagert. Die bedeutenden Schwankungen in der äussern Temperatur würden weit leichter und nachtheiliger auf das thierische Leben einwirken, wenn der Thierkörper nicht dagegen durch den Panniculus adiposus cutis einigermaassen geschützt wäre; so dient besonders das fettreiche grosse Netz den Processen der Verdauung als schützende, wärmezurückhaltende Decke.

schützen vor zu grossem Wärmeverlust.

Die Fette dienen vor allen andern Körpern dazu, die thierische Wärme *zu erregen und zu unterhalten*; es ist eine physikalische Nothwendigkeit, dass bei der allmähligen oder schnellen Oxydation der Fette im thierischen Organismus eine grosse Menge Wärme frei werde; sie enthalten nur wenig gebundenen Sauerstoff; daher muss der durch die Respiration aufgenommene gasige Sauerstoff hauptsächlich mit zur Oxydation dieser Stoffe verwendet werden, die ja nur selten als solche, gewöhnlich aber unter der Form von Kohlensäure und Wasser, also vollkommen verbrannt, wieder ausgeschieden werden.

Chemische Vortheile: sie erhalten die thierische Wärme,

Ueberhaupt sind aber die Fette sehr wichtige *Vermittler der thierischen Stoffmetamorphose.* Wie zur schleunigen Einleitung der Milchgährung wenigstens geringe Mengen Fett nothwendig sind, so scheinen auch einigen Versuchen nach die Fette nicht ohne Einfluss auf die *Magenverdauung* zu sein. Das Vorkommen des Fettes im Ei, im Eiter, in allen plastischen Exsudaten, in allen zellenreichen Organen deutet sichtlich darauf hin, dass das Fett auch bei der Zellenbildung eine wichtige Rolle spiele; bis jetzt hat man wenigstens noch keine thierische Zelle, kein zellenbildendes Plasma beobachtet, in dem nicht nachweisbare Mengen Fett enthalten gewesen wären. Ob freilich das Fett, wie man angenommen hat, in Form von Körnchen oder Bläschen gewissermaassen die erste Anlage zur Zellenbildung darbiete, muss vorläufig noch dahingestellt bleiben.

vermitteln die Stoffmetamorphose,

Endlich kann hier nicht unerwähnt bleiben, dass auch ein Theil des dem Körper zugeführten Fettes zur *Bildung der harzigen Säure der Galle,* der Cholsäure, beiträgt; genaue Vergleichsanalysen des Pfortader- und Lebervenenbluts, vergleichende Versuche, an mit Gallenblasenfisteln versehenen Thieren und an gesunden Thieren, oder an solchen, die man verhungern liess, über die Mengen excernirter Kohlensäure angestellt, haben im Verein mit gewissen pathologischen Thatsachen der Hypothese hohe Wahrscheinlichkeit gegeben, dass ohne Fett keine Gallenbildung möglich sei; die chemische Constitution und die Umwandlungsproducte der Cholsäure sprechen weit mehr für als gegen diese Hypothese.

und tragen zur Gallenbildung bei.

Dokymasie. Bei den gewöhnlichen physiologischen Untersuchungen dürfte eine genauere Analyse der Fette nur selten vorkommen. Um die einzelnen Fettsäuren von einander zu trennen, dazu bedarf es immer ziemlich grosser Mengen derselben. Das folgende möge als Beispiel eines der vielen Wege dienen, die man zur Trennung der Fette einschlagen kann. Der nächste Zweck der Untersuchung ist meistens darauf gerichtet, die übrigen Theile eines Fettes d. h. die sogenannte Elaïne oder die einer andern Säuregruppe angehörige Oelsäure zu entfernen. Diess ist zwar auch bei deren Glycerinverbindungen (den sog. neutralen Fetten) zum Theil zu erreichen durch Auflösen in siedendem Alkohol, aus welchem sich die Glycerinverbindungen dieser ersten Fettsäuregruppe grösstentheils ausscheiden; indessen ist dadurch nicht eine vollkommne Trennung zu erzielen; daher ist es immer gerathen, die Fette, wenn es eben Glycerinverbindungen sind, durch Aetzkali oder Aetznatron zu verseifen und den gebildeten Seifenleim dann gehörig auszusalzen. Man erhält so fettsaures Alkali, welches obenaufschwimmt und eine Salzlauge, in welcher ein Theil der flüchtigen Fettsäuren und ein geringer Theil Oelsäure an Alkali gebunden noch gelöst zu sein pflegt. Die gebildete Seife ist durch Salzsäure oder Weinsäure zu zersetzen und die ausgeschiedenen Fettsäuren durch wiederholtes Umschmelzen in Wasser von anhängender Säure und Alkalisalz zu reinigen. Zu möglichster Entfernung der öligen Fettsäuren wird die Masse der Säuren erst mit dem 6fachen Vol. kalten Alkohols digerirt und nachher stark ausgepresst. Um aber die letzten Spuren öliger Fettsäuren von den festen zu trennen, giebt es mehrere (unter Oelsäure anzuführende) Methoden, unter denen hier nur die von *Gössmann* empfohlne angeführt werde. Die noch etwas Oelsäure enthaltenden Fettsäuren werden in ungefähr dem 20fachen Gewichte siedenden Alkohols gelöst, zum Sieden erhitzt und soviel concentrirte Essigsäure zugesetzt, dass in der heissen Flüssigkeit überschüssig zugefügte alkoholische Bleizuckerlösung keinen Niederschlag hervorbringt. Diese Flüssigkeit bleibt 24 bis 48 St. stehen, nach welcher Zeit sich die Bleisalze der festen Fettsäuren abgeschieden haben, während in Lösung das ölsaure Bleioxyd mit nur wenig festem Bleisalz gelöst bleibt.

Die so gewonnenen krystallinischen Bleisalze der festen Fettsäuren werden nach dem Aussüssen durch Alkohol und Salzsäure in der Wärme zerlegt; hierbei bildet sich unvermeidlich mehr oder weniger Fettsäureäther neben Chlorblei; nachdem letzteres abfiltrirt ist, wird erstrer durch Kochen mit alkoholischer Kali- oder Natronlauge zerlegt, der Alkohol verdunstet und die rückständige Seife durch wässrige Salzsäure wieder zerlegt. Nachdem man die so gewonnenen Fettsäuren durch öfteres Umschmelzen in Wasser von Chloralkalien und freier Säure gereinigt hat, schlägt man am vortheilhaftesen den von *Heintz* bezeichneten Weg der fractionirten Fällung mit essigsaurer Talkerde ein. Man löst zu dem Zwecke die festen Fettsäuren in einem solchen Vol. Alkohol, dass beim Erkalten sich nichts daraus abscheidet. Die alkoholische Lösung essigsaurer Talkerde wird nur so angewendet, dass man von derselben nur soviel zu der heissen Lösung der Fettsäuren setzt, dass dadurch nur etwa $^1/_4$ oder $^1/_6$ der gelösten Fettsäuren gefällt werden kann, und filtrirt heiss; fügt dann ein weitres ähnliches Quantum essigsaurer Talkerde zu, und wiederholt die Operation, wenn später noch durch neuen Zusatz des Talkerdesalzes ein Niederschlag entsteht; nach Zusatz überschüssiger Talkerde lässt man die Flüssigkeit erkalten und vielleicht 24 St. stehen, wo sich meist noch

ein neuer Niederschlag gebildet hat. Zuletzt fällt man das noch in kalter Lösung befindliche Talkerdesalz durch Ammoniak, und erhält so eine Anzahl Talkerdesalze, von denen das zuerst und das zuletzt gefällte meist Verbindungen von Talkerde mit nur einer Säure sind, während die andern Gemenge sind, welche durch neue Fractionirungen getrennt werden können. Von der Talkerde werden die Säuren durch Salzsäure oder Weinsäure getrennt und ihre Schmelzpunkte, Sättigungscapacität nnd Elementarzusammensetzung untersucht.

Sollte die Frage zu beantworten sein, ob in einer thierischen Substanz überhaupt Fett enthalten sei und ob neben neutralem Fett freie Fettsäuren oder fettsaure Alkalien vorkommen, so werde das alkoholische Extract mit etwas Weinsäurelösung (nicht Oxalsäure, denn diese löst sich weit leichter in Aether auf, als man gewöhnlich glaubt) digerirt, eingetrocknet und mit Aether extrahirt. Das so erhaltene ätherische Extract wird mit Wasser ausgewaschen oder darin umgeschmolzen und dann der in Wasser unlösliche Theil in soviel Alkohol gelöst, dass sich beim Erkalten nichts ausscheidet; giebt nun eine alkoholische Lösung von essigsaurem Bleioxyd selbst nach Zusatz von etwas Ammoniak keinen Niederschlag, so war weder eine freie Fettsäure noch eine an Alkali gebundene vorhanden. Ein grösserer Fettgehalt eines thierischen Gewebes oder einer solchen Flüssigkeit ist für den Geübten unter dem Mikroskop leicht zu erkennen.

Oxalsäuregruppe = $C_{2n}H_{2n-2}O_8$.

Allgemeiner chemischer Character.

Die Säuren dieser Gruppe sind bei gewöhnlicher Temperatur fest, krystallisirbar, geruchlos, schmelzen erst über 100°, sind ohne Zersetzung sublimirbar (nur bei der Sublimation der Oxalsäure ist besondre Vorsicht nöthig), löslich in Wasser, Alkohol und Aether; ihre Löslichkeit in Wasser nimmt aber ab mit der Zunahme des Atomgewichts d. h. des Gehalts an Kohlenwasserstoff; sie röthen sämmtlich Lakmus. Die Säuren sind zweibasisch und ihre theoretische Formel würde demnach sein $= \left.\begin{matrix} C_{2n}H_{2n-4}O_4 \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_4$ also z. B. Bernsteinsäure $= \left.\begin{matrix} C_8H_4O_4 \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_4$ oder $C_{2n}H_{2n-4}O_6 . 2HO$, und Bernsteinsäure $C_8H_4O_6 . 2HO$.

Folgende Stoffe gehören hieher:

Oxalsäure	$= C_4 H_2 O_8$
Bernsteinsäure	$= C_8 H_6 O_8$
Adipinsäure	$= C_{12}H_{10}O_8$
Pimelinsäure	$= C_{14}H_{12}O_8$
Korksäure	$= C_{16}H_{14}O_8$
Brenzölsäure	$= C_{20}H_{18}O_8$.

Die meisten dieser Säuren kommen fast nur als künstliche Zersetzungsproducte thierischer Substanzen und namentlich der Fette in Betracht; sie entstehen hauptsächlich durch Oxydation letztgenannter Stoffe mittelst Salpetersäure. Die Brenzölsäure (auch Fettsäure, sebacische Säure genannt) bildet sich nur bei der trocknen Destillation der Oelsäure oder auch beim Schmelzen von Ricinusöl mit ätzenden Alkalien. Wer-

den diese Säuren mit Aetzkali geschmolzen, so entbinden sich entweder flüchtige Fettsäuren oder sie liefern im Rückstande mehr oder weniger oxalsaures Alkali.

Wurtz[1]) hat uns zuerst die zweiatomigen Alkohole und darunter das dem gewöhnlichen Alkohol verwandte Glycol kennen gelehrt $= C_4H_4O_2 . 2HO$ oder $\left.\begin{matrix} C_4H_4 \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_4$. Zugleich hat er nachgewiesen, dass aus diesem zweiatomigen Alkohol sich die zweibasische Oxalsäure in ganz ähnlicher Weise bildet, wie aus dem gewöhnlichen Weinalkohol die einbasische Essigsäure. Dem Glycol werden bei dieser Umbildung 4 Aequ. Wasserstoff entzogen und ebensoviel Aequ. Sauerstoff zugefügt. $C_4H_4O_2 . 2HO - 4H + 4O = C_4O_6 . 2HO$. Die Bernsteinsäure würde sonach dem Butylglycol entsprechen

$$\underset{\text{Butylglycol.}}{\left.\begin{matrix} C_8H_8 \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_4} - 4H + 4O = \underset{\text{Bernsteinsäure.}}{\left.\begin{matrix} C_8H_4O_4 \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_4}$$

Im thierischen Organismus hat man bis jetzt nur die Oxalsäure und die Bernsteinsäure angetroffen.

Vorkommen d. Oxalsäure.

Die Oxalsäure finden wir im thierischen Organismus fast nur an Kalk gebunden vor. Am frühesten hatte man dieses Salz in gewissen *Harnconcrementen* gefunden, welche auf ihrer Oberfläche meist maulbeerartig granulirt erscheinen. Oft bilden sich solche aus kleinern oder grössern Anhäufungen von Krystallen bestehende Concremente in den Niereninfarcten kleiner Kinder und werden zuweilen noch in den Nieren Erwachsener vorgefunden. Uebrigens bildet der oxalsaure Kalk nicht immer ganze Concremente; so kommt derselbe sehr häufig harnsäurereichen Harnsteinen beigemengt vor.

In den festen *Excrementen* findet sich der oxalsaure Kalk besonders nach dem Genusse oxalsäurehaltiger Vegetabilien vor; daher nicht selten bei pflanzenfressenden Thieren, wo er zuweilen Concremente bildet; so finden sich unter den sogenannten Bezoarsteinen zuweilen solche Concremente, die nur aus diesem Salze bestehen. Aber auch im menschlichen Darm bilden sich zuweilen, wiewohl selten, Concremente, die sich bei der mikroskopischen Untersuchung als aus conglutinirten und zwar ungewöhnlich grossen Krystallen des Kalkoxalats bestehend darstellen.

Im *Harn* kommt dieser Körper so häufig vor, dass man ihn fast als normalen Bestandtheil desselben ansehen kann; er ist darin oft aufgelöst und zwar durch Vermittlung des sauren harnsauren Natrons. Gewöhnlich findet man ihn aber in einzelnen oktaëdrischen Krystallen. (S. Fig. 2). Zunächst scheinen vegetabilische Nahrungsmittel, selbst wenn diese keine erweislichen Mengen von Oxalsäure enthalten, das Auftreten desselben im Harn zu bedingen; man findet daher auch im Harn pflanzenfressender Thiere, (Pferde, Ziegen, Schaafe, Rinder, Kaninchen) sehr gewöhnlich oxalsauren Kalk. Ferner pflegt nach reichlicher Aufnahme von Nahrungsmitteln, auch animalischen, so wie nach

1) *Wurtz*, Compt. rend. T. 44, p. 1306.

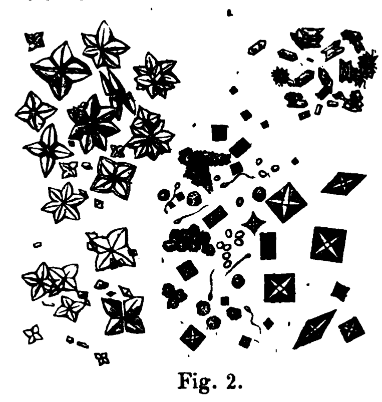
dem Genusse spirituöser Getränke jenes Salz im Harn vermehrt zu erscheinen, ferner nach dem Genusse kohlensäurereicher oder kohlensäurebildender Getränke und Substanzen, als von kohlensauren Wässern, Champagner, doppeltkohlensauren Alkalien und pflanzensauren Alkalien, wenn also eine gewisse Ueberladung des Bluts mit Kohlensäure stattfindet. Mannigfache Störungen des Stoffwechsels und des Athmungsprocesses insbesondere bedingen ebenfalls eine Vermehrung des Kalkoxalats im Harn; deshalb findet man ihn bei Lungenemphysem, Herzaffectionen u. s. w. Indessen werden eigentliche Sedimente von oxalsaurem Kalk nur zuweilen nach epileptischen Krämpfen und bei Epileptischen überhaupt, so wie im Anfange der Convalescenz vom Typhus beobachtet, wo mit der Ausscheidung dieses Salzes gewöhnlich ein schwacher Blasenkatarrh verbunden ist.

Dass Oxalsäure nach Einführung grössrer Mengen in die ersten Wege im Harn wiedererscheinen könne, wurde von *C. Schmidt* geläugnet, ist aber früher durch *Wöhler* und neuerer Zeit durch *Buchheim* und *Piotrowski*[1]) mit Bestimmtheit nachgewiesen worden. Letztre fanden sogar im Harn unter solchen Verhältnissen neben oxalsaurem Kalk noch Oxalsäure an Alkalien gebunden.

Wöhler und *Frerichs* fanden bei Versuchen an Thieren, dass nach Einführung nicht allzu geringer Mengen von Harnsäure in den Organismus, sei es in die ersten Wege oder durch Injection, insbesondre neben Harnstoffvermehrung auch Zunahme von oxalsaurem Kalk eintrete.

Dokymasie.

Der oxalsaure Kalk findet sich im Harn gewöhnlich in quadratischen Oktaedern (meist stumpfen, selten spitzen, s. Fig. 2), zuweilen kommt er aber auch in sehr unregelmässigen Formen vor, die bald trommelschlägel- oder hantelförmig bald wie zwei mit der Basis verbundene Federbüsche erscheinen. Diese letztern Formen sind aber dem oxalsauren Kalk durchaus nicht eigenthümlich; denn in solchen abortiven Krystallen kommt ebenso häufig Harnsäure, kohlensaurer Kalk und mancher andre Körper vor. Aus dem Auftreten solcher Formen ist also nie ohne Weiteres auf die Gegenwart von oxalsaurem Kalk zu schliessen.


Fig. 2.

Nur wenn der oxalsaure Kalk sich sehr allmählig ausscheidet, bildet er Oktaëder, deren Neigungswinkel in den Polflächen entweder 119° 34′ oder bei den spitzen Formen 46° beträgt. Man stellt solche deshalb künstlich nur dar, wenn man höchst verdünnte Lösungen von einem Kalksalze und oxalsaurem Ammoniak und zwar siedend heiss mischt. Verwendet man etwas concentrirtere Lösungen, so bilden sich die hier links verzeichneten stern- und blattförmigen Aggregate; wendet man noch concentrirtere Lösungen an, so scheidet sich dieses Salz in dun-

1) *Buchheim* und *Piotrowski*, Arch. f. phys. Hlk. N. F. Bd. 1, S. 124—129.

keln, kugligen Massen aus, die nichts characteristisches haben. Setzt man zu frischgelassenem noch warmen Harn einen Tropfen einer verdünnten Lösung von oxalsaurem Ammoniak, so erhält man in der Regel sehr schöne und grosse Oktaëder; oft aber auch jene blattartigen Formen, zuweilen auch jene rechts oben verzeichneten sechsseitigen Täfelchen, die meist zusammengeschichtet sind. Diese letztere Form zeigt der oxalsaure Kalk oft auch im Harn pflanzenfressender Thiere, namentlich der Pferde, wo er sich meist neben kohlensaurem Kalk vorfindet. Die rechte untre Hälfte der Figur ist das treue Bild des Harnsediments eines Typhuskranken mit den ersten Zeichen der Convalescenz. Neben den Oxalatkrystallen zeigen sich Schleimkörperchen (eine bei Typhusconvalescenten sehr gewöhnliche Erscheinung); die gekrümmten Fäden mit kuglichem Ende sind Spermatozoiden, die wir bei Typhusconvalescenten oft auch im Harne vorfinden; oben links ist ein Schleimgerinsel, die kleinen durchsichtigen Kugeln sind Harnfermentkörperchen.

Zuweilen finden sich Krystalle von phosphorsaurem Talkerde-Ammoniak vor, die leicht für das Kalkoxalat angesehen werden können; allein ein Tropfen Essigsäure, welchen man dem Objecte zusetzt, giebt sogleich die Entscheidung, da das letztre darin unlöslich ist, während das Ammoniak-Talkerdephosphat sich leicht darin auflöst. Durch die gewöhnlich in den Lehrbüchern der chemischen Analyse angegebene Reactionen dürften die geringen Mengen im Harn enthaltner Oxalsäure schwerlich nachzuweisen sein. Man muss sich daher an diese Kalkoxalatkrystalle halten, die durch die erwähnte Unlöslichkeit in Essigsäure, Löslichkeit in Salzsäure und Fällbarkeit aus letztrer Lösung durch Ammoniak (wo sie, wenn die Lösungen heiss und verdünnt genug waren, sich wieder in Oktaëdern ausscheiden) leicht als solche zu erkennen sind.

Um aber den im Harn gelösten oxalsauren Kalk nachzuweisen, kann man verschiedene Wege einschlagen; man lasse z. B. den filtrirten, frischen Harn ausfrieren und man wird dann in der Mutterlauge des Eises d. h. in dem concentrirten Harne durch das Mikroskop die schönsten Kalkoxalat-Oktaëder wahrnehmen. Zieht man ferner den festen Harnrückstand mit wässrigem Spiritus aus und schüttelt das gebildete Extract mit Aether, so setzen sich allmählig die oktaëdrischen Krystalle ab, sobald überhaupt oxalsaurer Kalk vorhanden ist.

Lässt man normalen oder während fieberhaften Zuständen gelassenen Harn in reinlichen Gefässen stehen, so nimmt allmählig die freie Säure solchen Harns zu (s. unten Harngährung) und gleichzeitig vermehrt sich die Menge der im Sedimente befindlichen Krystalle von Kalkoxalat; es ist sehr wahrscheinlich, indessen noch nicht mit aller Genauigkeit erwiesen, dass während dieser sauren Harngährung sich aus irgend welchem Stoffe Oxalsäure erst bildet.

Vorkommen der Bernsteinsäure.

Die Bernsteinsäure findet sich nach den Untersuchungen von *Gorup-Besanez* [1]) in einigen *Drüsensäften;* sie wurde in dem der Milz, der Thymusdrüse und der Schilddrüse vom Rinde entdeckt, konnte indessen im Gehirn, der Leber, dem Pancreas, der Lunge und Niere nicht nachgewiesen werden. *Heintz* [2]) und später *Bödeker* [3]) schieden sie aus

1) *v. Gorup-Besanez*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 98, S. 28.
2) *Heintz*, Pogg. Ann. Bd. 80, S. 114—121.
3) *Bödeker*, Zeitschr. f. rat. Med. N. F. Bd. 7, S. 137—141.

dem Inhalte von *Echinococcusbälgen* der Leber aus; *W. Müller*[1]) erkannte dieselbe in einer *Hydroceleflüssigkeit*.

Dass Bernsteinsäure nach Aufnahme von aussen in den *Schweiss* übergehen könne, wurde von *Schottin* ermittelt.

Nach den Erfahrungen von *Wöhler, Buchheim* und *Piotrowski*[2]), *Kühne*[3]) und *Hallwachs*[4]) scheint von aussen eingeführte Bernsteinsäure unter normalen Verhältnissen nicht in den Harn übergehen zu können.

Auch rücksichtlich ihres physiologischen Werths dürfte die Bernsteinsäure ganz an die Seite der Oxalsäure zu stellen sein; auch sie characterisirt sich als ein Product der sog. retrograden Stoffmetamorphose, erscheint als solches im Schweiss, wird aber wohl gewöhnlich weiter oxydirt, so dass sie unter normalen Verhältnissen nicht in den Excreten nachzuweisen ist; dagegen erscheint sie in gewissen Drüsensäften in sehr geringen Mengen, so dass sie hier wohl ebenso als Nebenproduct chemischer Umwandlungen auftritt, wie bei der weinigen Gährung neben Alkohol und Kohlensäure. Aus welchen Stoffen sie aber bei der Function der Organe, in welchen sie vorgefunden wurde, hervorgehe, darüber lässt sich bis jetzt noch gar kein Urtheil fällen.

Da wir wissen, dass die Bernsteinsäure sich aus Aepfelsäure, Buttersäure und Zucker (letztre Bildung neuerdings wieder durch *Pasteur*[5]) nachgewiesen) durch Gährung, aus Stärkmehl, festen und öligen Fetten durch Oxydation bilden könne: so lassen sich eine Menge Formeln aufstellen, die ihre Genesis im Thierkörper zu deuten vermöchten; allein für keine derartiger Hypothesen giebt es jetzt noch einen festen Anhalt.

Dokimasie.

Um die Bernsteinsäure in thierischen Flüssigkeiten nachzuweisen, kann man je nach den sie begleitenden Stoffen verschiedene Wege einschlagen; einer derselben ist folgender: die erhitzte und von coagulirten Albuminaten befreite Flüssigkeit wird stark concentrirt, mit Oxalsäure versetzt, filtrirt und zur Trockniss oder Syrupsconsistenz verdunstet; der Rückstand wird mit Alkohol extrahirt und der alkoholische Auszug wieder verdunstet; dieser Rückstand ist nun mit Aether zu behandeln, in welchen neben Bernsteinsäure und Oxalsäure (die stets sich theilweis in Aether löst) Milchsäure, flüchtige und nicht flüchtige Fettsäuren, Benzoësäure und Hippursäure übergehen können. Der Rückstand des Aetherauszugs ist mit Wasser zu behandeln und zu filtriren; das Filtrat mit Kalk zu sättigen, zu verdunsten und mit Alkohol zu extrahiren, in welchem sich milchsaurer, benzoësaurer und hippursaurer Kalk (wenn solche Säuren vorhanden wären) auflösen, bernsteinsaurer Kalk aber ungelöst bleiben würde. Anstatt nun das letztre Salz unmittelbar durch Salzsäure zu zersetzen, um die Krystalle freier Bernsteinsäure zu erhalten, wird man wohl thun, der Lösung des Kalksalzes salpetersaures Silberoxyd zuzusetzen und das gefällte und ausgewaschene Silbersalz durch Schwefelwasserstoff zu zerlegen. Die Bernsteinsäure krystallisirt dann beim Concen-

1) *W. Müller*, Zeitsch. für rat. Med., N. F., Bd. 8, S. 130 - 138.
2) *Buchheim* und *Piotrowski*, a. o. a. O.
3) *Kühne*, Virchow's Arch. f. pathol. Anat. Bd. 12, S. 396—401.
4) *Hallwachs*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 106, S. 160—165.
5) *Pasteur*, *Compt. rend.* T. 46, p. 179.

triren in sehr wohl ausgebildeten Formen (s. Fig. 3). Die Krystallform allein kann aber bei derartigen Körpern niemals entscheiden; man muss daher, um die Existenz der Bernsteinsäure als erwiesen zu betrachten, wenigstens noch ihre Sublimirbarkeit und ihr Verhalten gegen Eisenchlorid prüfen (nach der Neutralisation der Säure, wo sie dann einen voluminösen blassrothbraunen Niederschlag und ihre alkoholische Lösung mit Chlorbaryum und (kohlensäurefreien) Ammoniak einen weissen Niederschlag giebt).

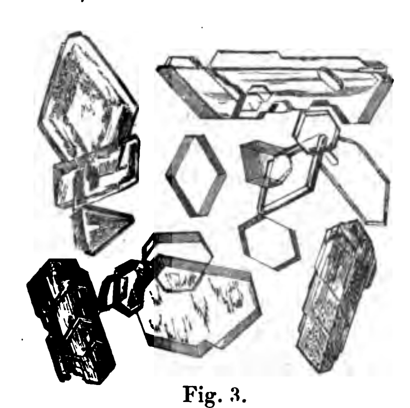


Fig. 3.

Die Bernsteinsäure krystallisirt in schiefen rhombischen Prismen; unter dem Mikroskop zeigen sich gewöhnlich rhomboëdrische Tafeln, öfter noch irreguläre sechsseitige Tafeln, welche durch Abstumpfung der scharfen Grundkanten des flachen Prismas entstehen. Sehr häufig treten die am untern Theil der Tafel rechts und links verzeichneten Geschiebe oder dachziegelförmig übereinandergelagerten Platten auf.

Acrylsäuregruppe = $C_{2n}H_{2n-2}O_4$.

Allgemeiner chemischer Character. Die Gruppe umfasst folgende Reihe der Mehrzahl nach noch nicht genau untersuchter, einbasischer Säuren, welche in ihren physischen und chemischen Eigenschaften den gewöhnlichen Fettsäuren sehr nahe stehen.

Acrylsäure	$= C_6 H_4 O_4$
Angelicasäure	$= C_{10}H_8 O_4$
Damalursäure	$= C_{14}H_{12}O_4$
Damolsäure	$= C_{26}H_{24}O_4$
Physetölsäure	$= C_{32}H_{30}O_4$
Oelsäure	$= C_{36}H_{34}O_4$
Döglingsäure	$= C_{38}H_{36}O_4$
Erucasäure	$= C_{44}H_{42}O_4$.

Die vier ersten dieser Säuren sind ölige flüchtige Flüssigkeiten, in Wasser etwas löslich, leichter in Alkohol und Aether, röthen Lackmus; sie mögen zu den vier andern Säuren dieser Gruppe dieselbe Beziehung haben, wie die flüchtigen Fettsäuren zu den festen, so dass auch hier die Flüchtigkeit und die Löslichkeit dieser Säuren im umgekehrten Verhältnisse zu ihrem Atomgewichte steht.

Die vier letztgenannten Säuren, eigentliche Oelsäuren, sind bei mittlerer Temperatur ölig flüssig, krystallisiren bei niedern Temperaturen, meist noch über 0°, sind in Wasser völlig unlöslich, leicht in heissem Alkohol und Aether, röthen Lackmus schwach, zersetzen sich beim Erhitzen und haben im Uebrigen die meisten Eigenschaften mit den festen

Fettsäuren gemein. Ueberhaupt dürften diese Säuren zu den Fettsäuren in der innigsten theoretischen Beziehung stehen; behandelt man sie nämlich mit Kalihydrat oder einigen andern Oxydationsmitteln, so zerfallen sie in zwei Säuren der Fettsäurereihe z. B.

Acrylsäure giebt Ameisensäure und Essigsäure,
Angelicasäure giebt Propionsäure und Essigsäure,
Oelsäure giebt Stearinsäure und Essigsäure.

So stehen also Acrylsäure zur Ameisensäure und Oelsäure zur Palmitinsäure ganz in demselben Verhältnisse, wie Zimmtsäure zur Benzoësäure d. h. bei der Umwandlung der Palmitinsäure in Oelsäure ist nur einem Aequ. Wasserstoff der Stearinsäure 1 At. C_4H_3 substituirt worden, so dass die rationelle Formel z. B. der Oelsäure $= C_{32}(H_{31}.C_4H_3).O_4$ geschrieben werden könnte.

Die Acrylsäure ist ein Oxydationsproduct des Glycerins, welches im thierischen Organismus nicht gefunden worden ist. Die Angelicasäure gehört bis jetzt nur dem Pflanzenreiche an, wo sie als Bestandtheil der Wurzeln mehrerer Angelicaspecies und einiger andrer Umbelliferen gefunden wird; Chamillenöl liefert dieselbe, wenn es mit schmelzendem Kalihydrat in Berührung kommt.

Vorkommen.

Die Damalursäure und Damolsäure sind bis jetzt nur unter den flüchtigen Bestandtheilen des Kuhharns von *Städeler*[1]) gefunden worden, haben daher noch kein grösseres physiologisches Interesse erlangt.

Die Döglingsäure wurde von *Scharling*[2]) im Thrane von Balaena rostrata und die Physetölsäure von *Hofstädter*[3]) im flüssigen Fette aus dem Kopfe von Physeter macrocephalus gefunden.

Die Oelsäure $C_{36}H_{33}O_3.HO$, finden wir überall da, wo Palmitinsäure und Stearinsäure vorkommen, daher an Alkalien gebunden in dem *Blute* und in der *Galle*, frei in saurem *Eiter*, an Glycerin gebunden als Elaïn im *Zellgewebsfett* und wo sonst freies Fett im Thierkörper vorkommt.

Das Thierfett enthält durchschnittlich weit weniger Elaïn, als das Pflanzenfett. Ob ein Theil der mit dem Pflanzenfett aufgenommenen Oelsäure durch Austritt des Acetylradicals und Ersatz desselben durch ein Aequ. Wasserstoff ($C_{32}[H_{31}.C_4H_3]O_4 - C_4H_2 = C_{32}H_{32}O_4$) in Palmitinsäure verwandelt wird, oder ob in dem thierischen Stoffwechsel die Oelsäure schneller consumirt wird als die festen Fettsäuren, lässt sich noch nicht mit Bestimmtheit entscheiden, ist jedoch sehr wahrscheinlich, da, wie wir unten sehen werden, die Zimmtsäure, welche $= C_{14}(H_4.C_4H_3).O_3.HO$ ist, im thierischen Organismus ebenfalls in Benzoësäure verwandelt wird. Im Thierkörper sind übrigens Stearin und Elaïn nicht gleichförmig gemengt; so ist an einer Stelle das Fettgemenge reicher an Elaïn, an einer andern reicher an Stearin und Palmitin; der Panniculus adiposus renum enthält z. B. mehr feste Fette, das Knochenmark dagegen weit

1) *Städeler*, Ann. der Ch. und Pharm. Bd. 97, S. 134.
2) *Scharling*, Journ. für prakt. Ch. Bd. 43, S. 257—271.
3) *Hofstädter*, Ann. der Ch. und Pharm. Bd. 91, S. 177—185.

mehr Elaïn u. s. w. Im Allgemeinen dürfte die Function des Elaïns der der andern freien Fette völlig entsprechen.

Dokimasie.

Um die Oelsäure, sei sie an Glycerin oder an Alkalien gebunden, in einem Gemeng mit andern Fetten aufzufinden, ist unter verschiedenen Methoden folgende empfehlenswerth: die von der Base isolirten Fettsäuren löse man in der 8 bis 10fachen Menge siedenden Alkohols, lasse erkalten und etwa 24 Stunden lang stehen; die meisten festen Fettsäuren haben sich ausgeschieden und in Lösung ist die Oelsäure mit nur wenig von jenen krystallisirbaren Säuren geblieben. Diese Lösung verdunste man, binde die Säuren an Natron und fälle die Lösung mit Chlorcalcium, dem etwas Kalkwasser zugesetzt worden ist, trockne den Niederschlag auf das Sorgfältigste aus, pulverisire und lasse das Pulver in wohlverschlossenen Gefässen mit dem 5fachen Volumen wasserfreien Aethers stehen, giesse nach 24 Stunden die Lösung ab und extrahire von Neuem mit Aether; in Aether löst sich nur der ölsaure Kalk, während alle Verbindungen des Kalkes mit festen Fettsäuren darin unlöslich sind. Diese von *Gössmann* empfohlene Methode ist die beste, um zunächst die Oelsäure von den festen Fettsäuren zu trennen; man kann aber auch nach der oben S. 44 angeführten Weise durch Behandlung der alkoholischen Lösung mit essigsaurem Bleioxyd und überschüssiger Essigsäure die Bleisalze der festen Fettsäuren fällen, und der hiervon abfiltrirten Flüssigkeit Ammoniak zusetzen, wodurch schon ein ziemlich reines ölsaures Bleioxyd gefällt wird; letztres kann dann nach dem Verfahren von *Gottlieb* noch durch Auflösen in kochendem Aether von beigemengten andern Bleisalzen gereinigt werden. Trennt man dann die Oelsäure von dem Kalk oder Bleioxyd, so könnte sie noch durch Herstellung des Barytsalzes, welches krystallinisch ist, gereinigt werden; allein für die qualitative Untersuchung ist diess gewöhnlich überflüssig, zumal da die Oelsäure, je mehr sie mit der Luft in Berührung kommt, sich um so schneller zersetzt.

Glaubte man sich noch nicht hinlänglich von dem Vorhandensein der Oelsäure überzeugt zu haben, so kann man die trockne Destillation versuchen, die gewöhnlich zu ihrer Erkennung empfohlen wird. Hierbei ist die Vorsicht anzuwenden, dass die Oelsäure vorher völlig ausgetrocknet worden ist; denn ist diess nicht geschehen, so findet in Folge plötzlicher Wasserdampfbildung (oft wenn die Destillation schon im besten Gange ist) heftige Explosion mit Zertrümmerung der Gefässe statt. Das ölige Destillat ist mit wenig Wasser zu kochen und heiss auf ein feuchtes Filter zu geben; aus der filtrirten und erkalteten oder etwas concentrirten Flüssigkeit scheiden sich Schuppen von Brenzölsäure ab; diese erscheinen unter dem Mikroskop in schmalen spindel- oder wetzsteinförmigen, sehr durchscheinenden Krystallen. Die Eigenschaft der Oelsäure, so lange sie noch unzersetzt ist, mit salpetriger Säure die krystallisirbare Elaïdinsäure zu liefern, könnte auch zu ihrer Erkenntniss benuzt werden.

Die oben erwähnte Erucasäure ist bis jetzt nur in den Samen des schwarzen und weissen Senfs gefunden worden.

Benzoësäuregruppe = $C_{n2}H_{n2-8}O_4$.

Allgemein chemischer Character.

Diese Gruppe umfasst folgende einbasische Säuren:

Benzoësäure = $C_{14}H_6O_4$
Toluylsäure = $C_{16}H_8O_4$
Cuminsäure = $C_{20}H_{12}O_4$

Die Zimmtsäure schliesst sich eng an diese Gruppe an, denn obgleich sie ihrer Zusammensetzung nach den genannten Säuren nicht homolog ist (denn sie besteht aus $C_{18}H_8O_4$), so gehört sie doch demselben Typus an, insofern sie als Benzoësäure betrachtet werden muss, in welcher 1 Aequ. Wasserstoff durch 1 Aequ. C_4H_3 substituirt ist; ihre rationelle Formel wird daher auch sein $= C_{14}(H_5.C_4H_3)O_4$.

Die Beweise für diese Behauptung sind nicht etwa blos in den ausserordentlichen Aehnlichkeiten zu suchen, welche Benzoësäure und Zimmtsäure mit einander gemein haben, sondern in der Zersetzungsweise und künstlichen Bildungsweise der Zimmtsäure; wird letztere Säure nämlich mit Kalihydrat geschmolzen, so zerfällt sie unter Sauerstoffaufnahme in Benzoësäure und Essigsäure nach folgender Gleichung: $C_{18}H_8O_4 + 2O + 2HO = C_{14}H_6O_4 + C_4H_4O_4$. Auf dieser Erfahrung fussend hat *Bertagnini*[1]) die Zimmtsäure künstlich aus Chlormethyl und Bittermandelöl dargestellt, denn $C_4H_3O_2Cl + C_{14}H_6O_2 = HCl + C_{18}H_8O_4$.

Alle diese Säuren sind fest, in Nadeln oder Schuppen krystallisirbar, geruchlos, schmelzbar, unzersetzt sublimirbar, schwerlöslich in kaltem Wasser, leicht in heissem, leicht auch in Alkohol, weniger in Aether, röthen Lakmus. Ebenso analog sind ihre Salze.

Hieran schliessen sich eine Anzahl unter sich wieder homologer Säuren, welche nur 2 At. Sauerstoff mehr enthalten, aber sonst jenen Säuren sehr ähnlich sind.

Salicylsäure $= C_{14}H_6O_6$ entsprechend der Benzoësäure
Anissäure $= C_{16}H_8O_6$ — — Toluylsäure
Cumarinsäure $= C_{18}H_8O_6$ — — Zimmtsäure.

In naher Beziehung zu diesen Säuren stehen gewisse im Pflanzenreich vorkommende ölige, flüchtige Substanzen, die 2 At. Sauerstoff weniger als die ihnen entsprechenden Säuren enthalten. Man zählt sie gewöhnlich den Aldehyden zu und nimmt sie nach dem Typus H_2 zusammengesetzt an; sie sind folgende:

Benzoylwasserstoff $C_{14}H_5O_2.H$
Salicylwasserstoff $C_{14}H_5O_4.H$
Cinnamylwasserstoff $C_{18}H_7O_2.H$
Cumylwasserstoff $C_{20}H_{11}O_2$ H.

Diese Säuren geben unter denselben Verhältnissen mit Ammoniak Amide, unter welchen die Fettsäuren solche zu erzeugen vermochten; so können aus ihnen auch die sogenannten Nitrile erzeugt werden, die man, wie die der fetten Säuren als Verbindungen von gewissen Kohlenwasserstoffen mit Cyan betrachten kann z. B. Benzonitril $C_{14}H_5N = C_{12}H_5.C_2N$. Die generelle Formel dieser Kohlenwasserstoffradicale würde demnach $C_{2n}H_{2n-7}$ sein.

Die Existenz dieser Radicale in jenen Säuren wird durch eine andre Zersetzungsform derselben wahrscheinlich gemacht. Werden nämlich die Alkalisalze dieser Säuren mit überschüssigem Alkalihydrat erhitzt, so bilden

1) *Bertagnini*, Ann. der Ch. und Pharm. Bd. 100, S. 125.

sich Kohlenwasserstoffe, die ihren Eigenschaften nach als Hydrüre jener Kohlenwasserstoffradicale betrachtet werden können; so bildet sich aus Benzoësäure und überschüssigem Kalk das Benzin ($C_{14} H_6 O_4 + 2 CaO = 2 CaO. CO_2 + C_{12} H_6$), welches als Verbindung des im Benzonitril enthaltenen Radicals $C_{12} H_5$ mit Wasserstoff sich dadurch besonders characterisirt, dass dieser Wasserstoff durch andre Elemente leicht ersetzt wird. Dasselbe Radical $C_{12}H_5$ treffen wir wieder in einigen Ammoniakbasen an z. B. Phenylamin, wo es die Stelle eines Atoms Wasserstoff in Ammoniak vertritt.

So wie (nach der oben S. 18 gemachten Bemerkung) die Essigsäure als eine Ameisensäure betrachtet wurde, in welcher das eine Atom Wasserstoff durch Methyl vertreten war ($C_2 H O_3. HO \sim C_2 [C_2 H_3] O_3. HO$), so kann demnach auch die Benzoësäure und ihre Homologen als Ameisensäure angesehen werden, in denen jenes Wasserstoffatom durch $C_{12} H_5$ oder diesem homologe Radicale vertreten ist.

Diese und ähnliche Punkte der chemischen Theorie sind für die Erkenntniss des thierischen Chemismus nicht nur nicht ohne Werth, sondern gerade von der höchsten Bedeutung; denn will man in der physiologischen Chemie nicht bei den Endresultaten der thierischen Metamorphose stehen bleiben, sondern will man in den innern Ablauf der Processe eindringen, so muss eben die chemische Basis der organischen Substrate thierischen Lebens nach allen Seiten hin geklärt sein.

Vorkommen der Benzoësäure.

Bis jetzt verdienen von den Säuren dieser Gruppe in physiologischer Beziehung nur die Benzoësäure und Zimmtsäure einer Erwähnung.

Die Benzoësäure ist als solche nur im *Schweisse* mit Sicherheit nachgewiesen worden, wenn sie von aussen in den Organismus eingeführt worden war. Denn sie hat die zuerst von *Wöhler* entdeckte Eigenschaft, sich bei längerem Verweilen im Organismus in Hippursäure zu verwandeln d. h. einen stickstoffhaltigen Körper zu binden, welcher bei seiner künstlichen Trennung von ihr in Glycin umgewandelt wird. Dieselbe Umwandlung erleidet im thierischen Organismus auch der Benzoëäther sowohl als der Benzoylwasserstoff (flüchtiges Bittermandelöl). Die Eigenthümlichkeit, denselben glycingebenden Stoff beim Durchgange durch den thierischen Organismus zu binden, besitzen auch die Salicylsäure und die Toluylsäure; ja selbst die Nitrobenzoësäure $C_{14}(H_5.NO_4)O_4$ theilt noch diese Eigenschaft (*Bertagnini*[1]).

Man hat zwar früher mehrmals Benzoësäure im *Harn* so wie auch im *Blute* zu finden geglaubt; allein genauere Untersuchungen haben erwiesen, dass dieselbe nur durch Zersetzung aus der Hippursäure entstanden war. Es kann sich daher an diesem Orte nur fragen, ob das Benzoëradical (welches, wie unten gezeigt werden wird, so häufig unter der Form von Hippursäure im Harn sich vorfindet) dem Thierkörper nur von aussen zugeführt wird oder ob sich solches auch im thierischen Organismus aus andern Materien erzeugen könne. *Hallwachs*[2]), welcher eine sehr eingehende Untersuchung über diesen Gegenstand ausgeführt

1) *Bertagnini*, Ann. der Ch. und Pharm. Bd. 78, S. 100—118.
2) *Hallwachs*, ebendas. Bd. 105, S. 207—213.

hat, fand, dass die Vegetabilien, aus denen man früher die Hippursäure vorzugsweise abzuleiten geneigt war, entweder gar keine Benzoësäure oder so geringe Mengen von Benzoylkörpern enthalten, dass die Quelle des im Harn der Herbivoreen enthaltenen Benzoyls (Hippursäure) nicht in jenen gesucht werden kann und dass auch z. B. Cumarin und Chlorophyll nicht zur Bildung des Benzoyls Veranlassung geben können. Andrerseits gelangt man zu derselben Ansicht durch die Erwägung folgender Thatsachen: der Harn von Schildkröten, die länger als 6 Wochen gehungert hatten, enthielt noch Hippursäure, ebenso der Harn von Diabetikern, die auf rein animalische Kost angewiesen waren. Es dürfte daher bei dem thierischen Stoffwechsel auch aus dem vorzugsweise animalischen und zwar stickstoffhaltigen Material das Benzoylradical erzeugt werden, eine Ansicht, die chemischerseits durch *Guckelberger's* Erfahrungen unterstützt wird; derselbe sah nämlich bei der Behandlung verschiedener Albuminate durch oxydirende Mittel unter den Zersetzungsproducten immer etwas Benzoësäure, Benzoylwasserstoff und Benzonitril mit auftreten. Auch bei der Fäulniss derselben Stoffe erzeugen sich Körper, in denen ein dem Benzoyl nahe stehendes Radical gemuthmasst werden darf.

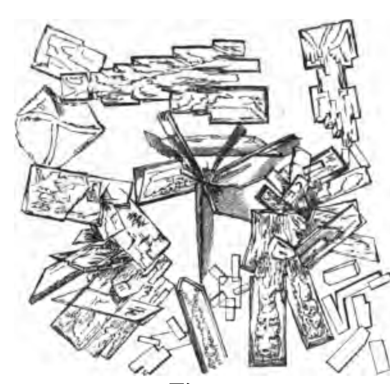
Dieser Gegenstand ist indessen durch solche Erfahrungen noch keineswegs erschöpft; denn nun erst wird die von *Wöhler*[1]) ermittelte Thatsache um so auffälliger, dass Kälber, so lange sie nur Muttermilch geniessen, keine Hippursäure im Harn ausscheiden, dieselbe aber sogleich erkennen lassen, sobald sie vegetabilisches Futter zu verzehren begonnen haben.

Dokimasie.

Um die Benzoësäure in thierischen Flüssigkeiten nachzuweisen, zieht man den Verdampfungsrückstand der von coagulirten Albuminaten oder morphotischen Elementen abfiltrirten Flüssigkeit mit Alkohol aus, dickt die Lösung zur Syrupsconsistenz ein und fügt nun Salzsäure zu; scheiden sich alsdann keine deutlichen Krystalle aus, so extrahire man die Masse mit Aether und überlasse diese Lösung der Selbstverdunstung. Saure wässrige Flüssigkeiten, in welchen man Benzoësäure vermuthet, darf man nicht abdampfen, ohne sie vorher neutralisirt zu haben, da sich diese Säure sehr leicht mit den Wasserdämpfen verflüchtigt. Das vorerwähnte ätherische Extrat scheidet nicht selten keine Krystalle aus, sondern bildet eine ölige oder butterähnliche Masse, welche erst auf Wasserzusatz Krystalle ausscheidet und eine milchig trübe Füssigkeit bildet. Ist zu viel Fett vorhanden, so behandle man das ätherische Extract mit wässrigem Spiritus, in welchem sich dann nur die Benzoësäure löst. Diese Säure kann dann nicht nur leicht aus den Eigenthümlichkeiten ihrer Krystalle (s. Fig. 4) erkannt werden, sondern auch aus ihrer Sublimirbarkeit (man kann auch die kleinsten Mengen sehr leicht zwischen zwei Glasplättchen oder Uhrgläschen zur Sublimation bringen), durch die Löslichkeit ihres Kalksalzes in Alkohol, so wie endlich auch durch den bräunlichgelben Niederschlag, den die mit Kali neutralisirte Säure mit neutralem Eisenchlorid liefert. Von den ihr homologen und analogen Säuren lässt sich die Benzoësäure kaum unterscheiden, sobald man nur mit kleinen Mengen zu thun hat. Ist wenigstens soviel vorhanden, dass man sie in einem

1) *Wöhler*, Nachr. der k. Ges. der Wissensch. zu Göttingen 1849, S. 61–64.

kleinen Probirgläschen in wenig heissem Wasser auflösen kann, so macht sie sich dadurch kenntlich, dass sie beim Erkalten ein so dichtes Krystallnetz bildet, dass das Gefäss umgekehrt werden kann, ohne dass ein Tropfen Wasser ausfliesst, eine Eigenschaft, welche Salicylsäure, Salicylursäure, Hippursäure und Zimmtsäure nicht zeigen, obgleich sie sich auch in heissem Wasser sehr leicht lösen und beim Erkalten zu einem Krystallbrei ausscheiden.


Fig. 4.

Obgleich die Benzoësäure, wenn sie sich aus langsam erkaltenden Lösungen ausgeschieden hat, dem blossen Auge als lange, compacte Nadeln oder Prismen erscheint, so zeigt sie sich doch unter dem Mikroskop gewöhnlich aus den dünnsten Blättchen bestehend. Lässt man das Object nicht allzu langsam erkalten, so dass man nicht zu grosse Krystalle erhält (die dann unter dem Mikroskop nur in Bruchstücken erscheinen würden), so findet man rechtwinklige Tafeln, wie sie in beistehender Fig. dargestellt sind; die rissigen Oberflächen sind für die Benzoësäure sehr characteristisch. Lagern sich solche Tafeln, wie auf der Mitte der Fig., concentrirt zusammen, so stehen sie gewöhnlich unter Winkeln von 45^0 von einander ab. Treten an den Platten andre Winkel als rechte auf, so entsprechen diese entweder 135^0 und 45^0; diess ist besonders der Fall, wenn die Benzoësäure sich mehr in unregelmässigen Blättern mit einspringenden Winkeln und blattförmigen Efflorescenzen ausgeschieden hat, wozu diese Säure besonders geneigt ist. Die Grundform der Benzoësäure dürfte ein gerades rhombisches Prisma sein.

Die Zimmtsäure wird nur sehr selten mit Nahrungsmitteln oder Arzneien in den thierischen Organismus eingeführt, in welchem sie stets in Benzoësäure unter Ausscheidung des in ihr enthaltenen Radicals C_4H_3 überzugehen scheint. Im *Harn* tritt sie nämlich stets als Hippursäure auf, in welcher das Benzoylradical enthalten ist; die nach ihrem Genuss im *Schweiss* nachweisbare feste, flüchtige und leicht krystallisirbare Säure dürfte reine Benzoësäure sein.

Bei den betreffenden Versuchen *Schottin's* liess sich allerdings objectiv nicht mit aller Bestimmtheit nachweisen, ob die nur für mikroskopische Untersuchung aus dem Schweisse erhaltenen Krystallblättchen Zimmtsäure oder Benzoësäure seien; allein aus der Configuration der Krystallblättchen konnte man zur subjectiven Ueberzeugung gelangen, dass jene Blättchen Benzoësäure seien, dass also die Zimmtsäure auch in den Schweiss nicht als solche übergehe.

Dokimasie.

Die Zimmtsäure lässt sich, wenn ihre Menge gering ist, oft kaum von der Benzoësäure und ähnlichen Säuren unterscheiden; aus heissen Lösungen scheidet sie sich nicht so aus, dass das Krystallnetz alles Wasser zurück hält; sie ist überhaupt etwas schwerer löslich in heissem Wasser als die Benzoësäure. Unter dem Mikroskop zeigt sie auch rechtwinklige, hie und

da rissig erscheinende Tafeln und bildet auch oft blätterförmige Efflorescenzen; indessen sind die Tafeln durchschnittlich etwas dicker, als die der Benzoësäure, daher schärfer contourirt, auch sind die Tafeln viel häufiger unter einem Winkel von ungefähr 145° abgestumpft.

Salicylsäure. Vorkommen.

Die Salicylsäure kommt als solche auch nicht leicht im thierischen Organismus vor; nach dem Genuss salicinhaltiger Nährstoffe finden wir sie im *Harn* theils unverändert zum grössten Theil aber in Salicylursäure verwandelt, d. h. mit einem glycingebenden stickstoffhaltigen Körper verbunden, der sich auch in der Hippursäure findet (*Bertagnini*[1]). Saligenin, Salicylwasserstoff scheinen erst in Salicylsäure überzugehen, um dann jene Salicylursäure zu bilden.

Ranke[2]) fand nach Salicingenuss im Harn Saligenin, Salicylwasserstoff und Salicylsäure. Auch wenn Salicinlösung ins Blut injicirt wird, sind dieselben Stoffe im Harn nachzuweisen. Auch im Castoreum kommt eine solche Substanz vor neben Hippursäure, wahrscheinlich aus dem Harn übergegangen (Biber consumiren viel Weidenrinde, daher das Auftreten solcher Substanzen in deren Harn nicht auffällig sein dürfte).

Dokimasie.

Da die Salicylsäure (aber freilich auch Saligenin, Salicylwasserstoff und Phenylalkohol) sich durch die intensiv violette Färbung auszeichnet, die ihre neutralisirte Lösung mit neutralen Eisenoxydlösungen giebt, so sind selbst geringe Mengen derselben leicht zu erkennen; ja Eisenchlorid zu Harn nach Salicingenuss gesetzt färbt solchen sogleich mehr oder weniger dunkelviolett. Sehr schwer ist es jedoch sie neben der Hippursäure und Salicylursäure und dem Salicylwasserstoff nachzuweisen, da alle diese Substanzen mit in das ätherische Extract übergehen, welches in jedem Falle herzustellen ist, um die Säure bestimmter nachzuweisen. Das ätherische Extract ist, wie oben bei der Benzoësäure angegeben, zu behandeln, nachher aber die saure Flüssigkeit mit kohlensaurem Kalk zu sättigen, vorsichtig zu verdampfen und den Salicylwasserstoff (welcher sich mit Kalk, wenn er ätzend angewendet würde, verbinden würde, aber kohlensauren Kalk nicht zersetzt) mit Aether zu extrahiren; salicylsaurer, salicylursaurer und hippursaurer Kalk werden dann in Wasser gelöst, zuerst krystallisirt salicylsaurer Kalk in schönen mikroskopischen Oktaëdern oder Combinationen des Oktaëders. Die freie Salicylsäure erscheint übrigens unter dem Mikroskop in schiefen vierseitigen Prismen. Um die Sublimirbarkeit der Säure zu prüfen, muss diese sehr rein sein; selten gelingt es, sie in dieser Weise aus dem Harn zu gewinnen.

Milchsäuregruppe = $C_{4n}H_{4n}O_{12}$.

Allg. chem. Character.

Die Säuren dieser Gruppe dürften wohl ebenso zahlreich sein, als die andrer homologer Reihen; indessen hat man bis heute nur folgende drei kennen gelernt:

Glycinsäure $C_8H_6O_{10}$. 2HO
Milchsäure $C_{12}H_{10}O_{10}$. 2HO
Leucinsäure $C_{24}H_{22}O_{10}$. 2HO.

Diese Säuren bilden im wasserärmsten Zustande ölige Flüssigkeiten, von stark saurem Geschmack, ohne Geruch; sie sind in Wasser, Alko-

1) *Bertagnini*, Ann. der Ch. und Pharm. Bd. 97, S. 248—253.
2) *Ranke*, Journ. für prakt. Ch. Bd. 56, S. 17.

hol und Aether fast in jedem Verhältnisse löslich, röthen Lakmus stark, zersetzen sich beim Erhitzen, bilden mit Basen meistens leicht lösliche und zum Theil gut krystallisirbare Salze. Bei der Verbindung mit Basen verlieren sie meistens 2 At. Wasser, zuweilen aber auch nur eins; dabei können die einzelnen Wasseratome gleichzeitig durch verschiedene Basen vertreten werden; kurz sie zeigen den Character zweibasischer Säuren, so dass sich nach der Typentheorie ihre theoretische Formel ausdrücken liesse = $\left.\begin{matrix} C_{4n}\ H_{4n-2}\ O_8 \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_4.$

Sollte es sich bestätigen, dass eine und dieselbe Säure einbasisch und mehrbasisch sein könne, wie man diess jetzt von der Salicylsäure muthmasst, so würden diese Säuren wohl mit hierher zu rechnen sein, und z. B. die verschiedenen Modificationen der Milchsäure (der Gährungs- und der Fleischmilchsäure) liessen sich dann vielleicht von der verschiedenen Basicität ableiten. Neuerdings glaubt man die Milchsäure selbst als 4basische Säure $= C_{12}H_8O_8 . 4\,HO$ erkannt zu haben.

Bildungsweisen dieser Säuren.

Die chemischen Bildungsweisen dieser Säuren sind sehr verschieden; doch deuten sie alle darauf hin, dass zwischen ihnen und den flüchtigen Fettsäuren sehr bestimmte Beziehungen statt finden.

Die einfachste Bildungsform dieser Säuren ist die aus dem bereits oben S. 46 erwähnten zweiatomigen Alkoholen, durch welche sie zugleich mit der Oxalsäuregruppe in die nächste Beziehung treten. Unterliegen nämlich die sogenannten Glycole demselben Processe, welcher bei der Umwandlung des gewöhnlichen Alkohols in Essigsäure statt findet, so entstehen zunächst diese Säuren; denn

$$\underset{\text{Alkohol.}}{C_4H_6O_2} - 2\,H + 2\,O = \underset{\text{Essigsäure.}}{C_4H_4O_4}$$

$$\underset{\text{Glycol.}}{C_4H_6O_4} - 2\,H + 2\,O = \underset{\text{Glycinsäure.}}{C_4H_4O_6}$$

Eine andre Bildungsweise ist die von *Strecker* entdeckte: wird das Aldehyd-Ammoniak der Essigsäure mit Blausäure und Salzsäure behandelt, so bildet sich zunächst ein stickstoffhaltiger Körper, das Alanin ($C_6H_7NO_4$), denn $H_3N . C_4H_4O_2 + H . C_2N . + 2\,HO + HCl = H_4NCl + C_6H_7NO_4$. Unter dem Einfluss von salpetriger Säure verwandelt sich das Alanin in Milchsäure $2\ C_6\ H_7\ NO_4 + 2\ NO_3 = 4\ N + 2\ H + C_{12}\ H_{12}\ O_{12}$.

Da überdiess mehrere milchsaure Salze bei ihrer Zersetzung durch Hitze Aldehyd liefern, die sogenannte Mandelsäure sich aber in analoger Weise aus dem Bittermandelöl (dem Aldehyd der Benzoësäure) bildet, so hat man geschlossen, diese Säuren seien mit Aldehyd gepaarte Ameisensäuren, wogegen aber, da diese Säuren zweibasisch sind, das *Strecker*'sche Basicitätsgesetz gepaarter Verbindungen spricht.

Die bekannteste Bildung der Milchsäure ist die aus Amylon oder Zucker, (auch aus Inosit); sie bedarf daher hier keiner ausführlichen Erwähnung; indessen möchte daran zu erinnern sein, dass sich bei diesem Gährungsprocesse vielleicht etwas Glycinsäure oder Leucinsäure als Nebenproducte mit bilden, wie bei der weinigen Gährung neben Weingeist Butyl- und Amylalkohol.

Durch Einwirkung von salpetriger Säure auf Glycin und Leucin bilden sich ebenfalls diese Säuren nach derselben Formel wie aus dem Alanin; Glycinsäure und Leucinsäure hat man (durch *Strecker*) gerade zuerst durch diese Zerlegungsweise kennen gelernt.

Eine sehr interessante Bildungsweise der Glycinsäure ist jüngst durch *Kekulé*[1]) nachgewiesen worden; wird nämlich ein monochloressigsaures Alkali auf 110 bis 120⁰ erhitzt, so entsteht unter Wasseraufnahme Glycolsäure nach folgendem Schema:

$$2\,KO.\,C_4\,H_2\,ClO_3 + 4\,HO = 2\,KCl + C_8\,H_8\,O_{12}.$$

Dessaignes und besonders *Debus* haben endlich aus Alkohol durch Einwirkung von Salpetersäure die Glycolsäure darstellen gelehrt, so dass auch hieraus eine neue Beziehung der betreffenden Säuren zu den entsprechenden Alkoholen hervorgeht.

Vorkommen.

Glycinsäure und Leucinsäure sind bis jetzt noch nicht präformirt im thierischen Organismus gefunden worden, obgleich ihr Vorkommen in demselben gar nicht unwahrscheinlich ist; denn ihre Verwandten, das Leucin und Glycin, als gewöhnliche Umsetzungsproducte thierischer Stoffe bekannt, sind auch erst jüngst in thierischen Flüssigkeiten als häufige Bestandtheile derselben erkannt worden.

Die weiter unten zu besprechenden Körper, das Glycin und Leucin, sind höchst wahrscheinlich nichts weiter als die Amide dieser Säuren $2\,H_4\,NO + C_{24}\,H_{22}\,O_{10} - 4\,HO = 2\,C_{12}\,H_{13}\,NO_4$, d. h. Leucin wäre das Amid der Leucinsäure nach dem Ammoniaktypus $\left.\begin{matrix}C_{24}\,H_{22}\,O_8\\ H_2\\ H_2\end{matrix}\right\}N_2.$

Auffallend muss es jedenfalls erscheinen, dass man im Thierkörper Glycin und Leucin, aber noch nie die freien Säuren entdeckt hat, während umgekehrt Milchsäure oft gefunden wird, aber nie ein dem Leucin und Glycin homologes Amid derselben.

Milchsäure findet sich sehr häufig, jedoch keineswegs immer, im *Magensafte* neben Salzsäure. Im *Speichel* ist diese Säure nur bei Diabetes mit Sicherheit nachweisbar. Die saure Reaction, welche der *Inhalt des Duodenums und Jejunums* hauptsächlich nach vegetabilischer Nahrung zeigt, rührt grösstentheils von Milchsäure her; oft findet man im Duodenum pflanzenfressender Thiere milchsauren Kalk; s. unten Fig. 5.

Auch der *Dickdarminhalt*, der nach stärkmehl- und zuckerreicher Kost so stark saure Reaction zeigt, verdankt dieselbe der durch Gährung entstandenen Milchsäure, die hier, wie oben schon bemerkt, von Buttersäure begleitet ist.

Im *Chylus* des Milchbrustganges von Pferden ist nach Fütterung mit Hafer und Stärkmehl diese Säure nachweisbar; dass sie auch in der *Lymphe* vorkomme, wird einigen Beobachtungen nach wenigstens wahrscheinlich.

Im *Blute* ist Milchsäure im normalem Zustande nicht nachzuweisen, da sie daselbst, sei sie demselben vom Darme aus oder von einzelnen

1) *Kekulé*, Ann. der Ch. und Pharm. Bd. 105, S. 286—302.

Organen zugeführt, sehr schnell oxydirt und vollständig verbrannt wird. Ins Blut injicirte milchsaure Alkalien verschwinden sehr bald aus demselben und erscheinen im Harn als kohlensaure Salze. Im krankhaften Blute dagegen, vorzüglich bei Leuchämie, Pyämie und Puerperalfieber, ist sie unzweifelhaft nachgewiesen.

Zuweilen kommt sie in eitrigen *Exsudaten* vor, die lange Zeit in der Abcesshöhle verweilt haben, namentlich auch bei Knochenaffectionen.

In gesunder *Milch* ist diese Säure nicht enthalten; sie bildet sich aber sehr bald in derselben aus dem Milchzucker durch Gährung.

In ziemlich grossen Mengen ist ferner Milchsäure in dem Safte *quergestreifter* sowohl als *glatter Muskeln* enthalten, und zwar grösstentheils frei, jedoch auch an Alkalien gebunden.

Milchsäure ist ferner frei und gebunden in mehreren drüsigen Organen gefunden worden, so in der *Milz*, *Leber*, *Thymusdrüse*, *Thyreoidea* und dem *Pancreas* (*v. Gorup-Besanez*[1]), wobei sich allerdings nicht entscheiden lässt, ob sie diesen Organen an sich eigenthümlich ist, oder nur abhängig vom Gehalte derselben an glatten Muskeln; indessen ist sie von *W. Müller*[2]) auch im Gehirn entdeckt worden.

Im *Harn* kommt Milchsäure zuweilen, aber nicht constant vor; nur wenn sie im Blute nicht vollständig verbrennt, geht sie in jenen über; daher finden wir sie im Harn in allen den Fällen, wo oxalsaurer Kalk, Harnsäure u. s. w. vermehrt gefunden werden, so z. B. in dem von Thieren nach stärkmehlreicher Fütterung und stetem Aufenthalte im Stalle, ferner bei gestörtem Stoffwechsel in Folge von Indigestion, bei Respirationsstörungen durch Lungenemphysem oder tuberculöse Ablagerungen u. s. w. Zuweilen bildet sie sich auch erst im Harn durch saure Gährung (siehe *Harn*).

Entstehungsweise im Organismus.

Vergleicht man das Vorkommen der Milchsäure im thierischen Organismus mit den oben berührten Bildungsweisen dieser Säure ausserhalb des Organismus, so werden wir zunächst auf eine doppelte Genesis derselben hingewiesen. In den ersten Wegen mag sie zum Theil als Gährungsproduct des Amylons und des daraus gebildeten Zuckers auftreten; indessen ist sie im Magensafte zweifelsohne auch Absonderungsproduct, welches neben der freien Salzsäure, wie diese aus Chlormetallen, so aus Lactaten gebildet wird. Da die milchsauren Salze im Blute ziemlich schnell verbrannt oder mit dem Magensafte ausgeschieden werden, so kann die in den Muskeln und andern Organen vorfindliche Milchsäure nicht wohl aus der Umsetzung des mit der Nahrung aufgenommenen Zuckers oder Stärkmehls abgeleitet werden, sondern es ist wahrscheinlicher, dass sie dort aus stickstoffhaltigen Umwandlungsproducten der Muskelfaser, etwa einem dem Leucin oder Glycin homologen Amid, hervorgehe. Ebenso wäre es auch denkbar, dass der Inosit, der fast in den-

1) *v. Gorup-Besanez*, Ann. der Ch. und Pharm. Bd. 98, S. 33 – 36.
2) *W. Müller*, ebendas. Bd. 103, S. 151 – 154.

selben Organen nachzuweisen ist, in welchen Milchsäure sich vorfindet, die nächste Quelle der Milchsäure sei.

Der physiologische Werth der Milchsäure dürfte nicht allzu gering anzuschlagen sein; denn erstens bedingt sie neben der freien Salzsäure wesentlich die verdauende Kraft des Magensaftes; keine andre mineralische oder organische Säure kann jene beiden Säuren im Magensafte ersetzen; zweitens trägt die Milchsäure in den ersten Wegen als freie Säure nach endosmotischen Gesetzen wesentlich zur Resorption oder Transsudation der verdauten Nahrungsmittel in das alkalische Blut oder die Lymphe bei; drittens wird sie durch die leichte Verbrennlichkeit ihrer Salze im Blute einen erheblichen Beitrag zur Unterhaltung der thierischen Wärme liefern, und endlich vielleicht in den Muskeln dem alkalischen Blute gegenüber eine elektrische Spannung erregen, welche möglicher Weise auf die Muskelfunction selbst von Einfluss ist.

Einen Hinweis auf dieses letzterwähnte Verhältniss giebt besonders *Wiedemann's*[1]) Untersuchung der Beziehung galvanischer Ströme zum Durchtritt chemischer Stoffe durch poröse Membranen.

Dokimasie.

Zum Nachweis der Milchsäure in thierischen Flüssigkeiten kann man sehr verschiedene Wege einschlagen und sie selbst bei Gegenwart kleiner Mengen mit grosser Sicherheit nachweisen, obgleich es noch an einer specifischen Reaction für dieselbe fehlt. So verschieden auch die vorgängige Behandlung einer thierischen Flüssigkeit zur Abscheidung andrer Körper gewesen sein mag, so wird man sich doch immer des alkoholischen Extracts bedienen, in welchem sie theils frei theils an Alkalien gebunden sein wird. Um sie zunächst vollständig frei zu machen, kann man sich der Oxalsäure oder der Schwefelsäure bedienen. Im erstern Falle behandelt man das Extract mit einer alkoholischen Lösung von Oxalsäure; oxalsaure Salze scheiden sich nun theils sogleich theils allmählig aus; die Lösung enthält neben Milchsäure und Oxalsäure noch Phosphorsäure und Salzsäure; zu deren Entfernung digerirt man die Flüssigkeit mit Bleioxydhydrat, dampft mit demselben ein und zieht den Rückstand mit starkem Alkohol aus, welcher nur milchsaures Bleioxyd gelöst enthält (Bernsteinsäure, Ameisensäure werden z. B. dadurch völlig entfernt, da ihre Bleisalze in Alkohol unlöslich sind). Aus der Lösung wird nun durch Schwefelwasserstoff das Blei und mit ihm farbiger Extractivstoff gefällt; verdunstet man nun die Flüssigkeit auf dem Wasserbade, so entweichen noch etwa vorhandene flüchtige Stoffe; den syrupösen Rückstand nimmt man mit Aether auf, wodurch gewöhnlich noch harzähnliche extractive Materien ungelöst gelassen werden. In der ätherischen Lösung ist neben Milchsäure fast nur fettartige Materie. Die Milchsäure kann man nun beliebig an Kalk, Baryt, Zinkoxyd, Kupferoxyd oder Zinnoxydul binden, entweder um, wenn die Menge dazu ausreicht, das Atomgewicht der Säure zu bestimmen, und die Elementaranalyse auszuführen oder die Krystallformen der verschiedenen Salze mikroskopisch zu studiren.

Eine andre Methode ist zuerst von *Scherer* ausgeführt worden; hiernach wird das alkoholische Extract mit verdünnter Schwefelsäure versetzt und die etwa vorhandenen flüchtigen Säuren abdestillirt; der Rückstand wird mit un-

---

1) *Wiedemann, Poggend.* Ann. 1852, S. 321.

gefähr dem achtfachen Volumen starken Alkohols versetzt und 36 bis 48 St. stehen gelassen; die von den ausgeschiedenen Sulphaten abfiltrirte alkoholische Flüssigkeit wird nun eingedunstet; bevor sie aber gänzlich eingedickt ist, mit Kalkmilch versetzt und dann erst zur Trockenheit verdampft; der Rückstand mit heissem Wasser übergossen, wird noch heiss filtrirt, aus dem Filtrat durch einen Strom Kohlensäure der überschüssige Kalk entfernt, die klare Flüssigkeit wieder verdampft und der Rückstand mit Alkohol ausgezogen, die klare alkoholische Lösung aber in einer Flasche allmählig mit Aether versetzt, worauf sich der milchsaure Kalk in weissen Körnchen ausscheidet, die zunächst unter dem Mikroskop näher zu studiren sind.

Hat man nach einer der angeführten Methoden ein Salz dargestellt, so kann dieses, wenn sein mikroskopischer Habitus übrigens mit dem des entsprechenden milchsauren Salzes übereinstimmt, nicht füglich ein andres sein, als ein solches. Indesen darf man sich niemals auf die mikroskopische Formbestimmung eines einzigen Salzes allein verlassen; denn es kann nicht genug hervorgehoben werden, dass ein und derselbe Körper gerade unter dem Mikroskop (aus den in dem Vorworte angegebenen Gründen) in sehr verschiedenen unregelmässigen Formen erscheinen kann. Deshalb ist es gerade bei der Milchsäure sehr zu empfehlen, verschiedene Salze derselben rücksichtlich ihrer mikroskopischen Gestaltung zu prüfen. So binde man z. B. zunächst die fragliche Säure an Baryt; ist das Salz nicht krystallisirbar, so spricht diess für Milchsäure, da milchsaurer Baryt nur zu einem Syrup zu verdunsten ist. Aus dem Barytsalze lassen sich durch Zusatz von Sulphaten leicht das Kalk- und das Zinksalz darstellen; oder man bereitet sich erst durch Zusatz von Gypslösung das Kalksalz indem man die vom gefällten schwefelsauren Baryt abfiltrirte Flüssigkeit verdunstet; versetzt man die alkoholische Lösung des Kalksalzes, nachdem man dessen Form mikroskopisch explorirt hat, mit einer Lösung von Kupfervitriol, so scheidet sich schwefelsaurer Kalk aus, und man wird ein Kupferoxydsalz erhalten, aus dessen wässriger Lösung man mittelst eines Zinkstückchens das Kupfer fällen und ein Zinksalz sich bereiten kann, welches dann beim Verdunsten eines einzigen Tropfens die ziemlich charakteristischen Krystalle milchsauren Zinkoxyds zeigen wird. Sehr empfehlenswerth ist auch, die Lösung des Salzes, in welchem man Milchsäure vermuthet, mit einer schwach angesäuerten Lösung von Zinnchlorür zu versetzen; hat man die Flüssigkeiten heiss gemischt und waren sie weder zu concentrirt noch zu verdünnt, so scheidet sich das Salz, wenn es milchsaures Zinnoxydul ist, als bald zu Boden sinkendes Pulver aus, welches unter dem Mikroskop in Form kleiner, scharf contourirter Rhomboëder oder dicker, rhombischer, oft dachziegelförmig über einander gelagerter Tafeln erscheint.

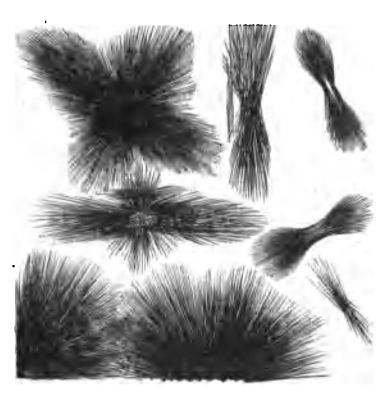


Fig. 5.

Der milchsaure Kalk scheidet sich nie anders als in solchen büschel- oder besenförmig gruppirten feinen Nadeln aus; nie ist selbst mit den besten Mikroskopen an diesen Nadeln eine messbare

Dicke oder eine Zuspitzung wahrzunehmen; das Salz verhält sich in dieser Beziehung auch ganz gleich, möge die Säure aus dem Fleische oder durch Gährung erhalten worden sein.



Fig 6.

Obgleich das milchsaure Zinkoxyd, je nachdem seine Säure von der Gährung oder aus dem Fleischsafte herrührt, einen verschiedenen Wassergehalt zeigt und sich bei sehr verschiedener Temperatur erst zersetzt, so konnte doch bei der sorgfältigsten mikroskopischen Untersuchung in der Krystallform kein wesentlicher, ja überhaupt kein Unterschied wahrgenommen werden, obgleich von verschiedenen Seiten der keulenförmige, tonnenförmige Habitus hervorgehoben worden ist; allein dieser ist weder dem einen noch dem andern eigenthümlich; beide Salze bilden im reinen Zustande die eleganten regelmässigen Formen, beide jene von krummen Flächen begränzten Krystalle, sobald sie nicht ganz rein sind. In beistehender Figur sind oben alles Krystalle von noch nicht völlig gereinigtem fleischmilchsaurem Salz, darunter die ganze linke Hälfte reines fleischmilchsaures und die rechte Hälfte gährungsmilchsaures Salz.

Die Grundform der Krystalle des Zinklactats ist ein Verticalprisma mit gerader Endfläche oder gerade aufgesetztem stumpfen Horizontalprisma. *C. Schmidt*[1]) fand durch Messungen des stumpfen begränzenden Winkels 2 Reihen von Werthen, einen $= 134^0 10'$, den andern 124^0; die Neigungswinkel der Flächen des Verticalprismas der Grundform ∞ P sind $76^0 58'$ und $103^0 2'$. *C. Schmidt* scheint nur gährungsmilchsaures Zinkoxyd mikroskopisch untersucht zu haben. Die in der Figur bezeichneten Präparate aus Fleischmilchsäure und aus Gährungsmilchsäure gaben beide bei der sorgfältigsten mikrometrischen Untersuchung vollkommen dieselben Resultate, so dass wenigstens in diesem Falle die vollkommne Identität der Krystalle beider aus verschiedener Milchsäure dargestellten Zinksalze dargethan wurde. Bei schnellem Anschiessen scheidet sich das Zinklactat oft auch in den in beifolgender Figur links oben bezeichneten Büscheln aus. *v. Gorup-Besanez*[2]) hat eine recht genaue Beschreibung der allmähligen Entwicklung der keulen-, zahn- und tonnenförmigen Krystalle gegeben.

An die bisher betrachteten Gruppen homologer Säuren schliesst sich noch eine erst kürzlich entdeckte Reihe einbasischer Säuren von der Formel $C_{2n} H_{2n} O_8$ an; man kennt bis jetzt nur die von *Debus*[3]) durch Oxydation des Alkohols entdeckte Glyoxylsäure $= C_4 H_3 O_7 . HO$ und die von *Debus*[4]) und später von *Socoloff*[5]) durch Oxydation des Glycerins mittelst Salpeter-

1) *C. Schmidt*, Entwurf einer allgem. Untersuch. der Säfte u. s. w. S. 78. ff.
2) *v. Gorup-Besanez*, Zoochem. Analyse, 2. Aufl., S. 175.
3) *Debus*, Ann. der Ch. und Pharm. Bd. 100, S. 1—19.
4) *Debus*, ebend. Bd. 106, S. 79—95.
5) *Socoloff*, ebendas. Bd. 106, S. 95—108.

säure dargestellte Glycerinsäure. Diese Säuren haben viel Aehnlichkeit mit denen der letztbehandelten Gruppe, und gerade da sie durch allmählige Oxydation entstehen, wäre es wohl möglich, dass sie als Uebergangsglieder in thierischen Flüssigkeiten vorkämen. Es ist nicht undenkbar, dass sie ihrer Aehnlichkeit mit Milchsäure halber bisher übersehen worden sind.

Organische Säuren mit mehr als einem Radical.

Wir fassen unter dieser Bezeichnung diejenigen im thierischen Organismus vorkommenden Säuren zusammen, welche entweder complicirte Radicale enthalten oder deren theoretische Constitution überhaupt noch nicht näher erforscht ist. Wir behandeln die stickstoffhaltigen dieser Säuren nicht getrennt von den stickstofffreien, da gerade mehrere der stickstoffhaltigen in den innigsten Beziehungen zu gewissen stickstofffreien Säuren stehen. Eine Trennung der Hippursäure von der Benzoglycinsäure, der Taurocholsäure von der Cholsäure u. s. w. würde nur auf Kosten der Kürze der Darstellung geschehen können. Wir ziehen daher unter dieser Rubrik in Betrachtung:

Benzoglycinsäure = $C_{18}H_8O_8$
in Anschluss Hippursäure . . . = $C_{18}H_9NO_6$.
Cholsäure . . . . = $C_{48}H_{40}O_{10}$.
in Anschluss Glykocholsäure = $C_{52}H_{43}NO_{12}$.
Taurocholsäure = $C_{52}H_{45}NS_2O_{14}$.
Hyocholinsäure = $C_{54}H_{43}NO_{10}$.
Harnsäure . . . . = $C_{10}H_4N_4O_6$
in Anschluss Xanthin . . . . . = $C_{10}H_4N_4O_4$
Hypoxanthin . . = $C_{10}H_4N_4O_2$
Inosinsäure . . . = $C_{10}H_6N_2O_{10}$?
Kynurensäure ?

Benzoglycinsäure. Die Benzoglycinsäure erlangt in der Zoochemie nur dadurch ein Interesse, dass sie sehr leicht aus der Hippursäure gebildet wird und die letztre als Abkömmling derselben betrachtet werden kann. Dieselbe zeichnet sich dadurch besonders aus, dass sie beim Erwärmen namentlich mit verdünnten Säuren sehr leicht in Benzoësäure und Glycinsäure zerfällt. Man kann sie sonach als eine Benzoësäure betrachten, in welcher das eine Wasserstoffatom des Benzoylradicals durch ein Radical = $C_4H_3O_4$ ersetzt ist, wie in der Zimmtsäure durch C_4H_3. Ihre theoretische Formel würde demnach sein

$$\left.\begin{matrix} C_{14}(H_4.C_4H_3O_4)O_2 \\ H \end{matrix}\right\} O_2$$

d. h. also nicht das basische Wasserstoffatom der Benzoësäure, sondern das des Benzoyls ist durch $C_4H_3O_4$ vertreten. Diese Säure geht aus der Hippursäure durch Behandlung mit Salpetersäure und Stickstoffoxyd (*Strecker* und *Socoloff*[1]) oder durch Einleiten von Chlor in die Lösung

1) *Strecker* und *Socoloff*, Ann. der Ch. und Pharm. Bd. 80, S. 17—43.

eines hippursauren Alkalis (*Gössmann*[1]) hervor. Sie ist krystallisirbar, gleicht also in dieser Beziehung mehr der Benzoësäure als der Glycinsäure.

Strecker[2]) hat auch eine ähnliche Säure durch Digestion concentrirter Milchsäure mit Benzoësäure dargestellt, welche ebenfalls krystallisirbar ist und ebenso leicht bei dem Erwärmen mit Wasser in Benzoësäure und Milchsäure zerfällt, wie die Glycinsäure in die entsprechenden Säuren. *Strecker* hat diese Säuren einbasisch gefunden; daher darf man schliessen, dass die oben erwähnten zweiatomigen Radicale der Glycinsäure und Milchsäure ($= C_8H_6O_8$ und $C_{12}H_{10}O_8$) auch einatomig $= C_4H_3O_4$ und $C_6H_5O_4$ in Verbindungen eintreten können.

Hippursäure. Die Hippursäure kann als das Amid der Benzoglycinsäure betrachtet werden; denn $C_{18}H_7O_6 + H_2N = C_{18}H_9NO_6$; denn wie alle amidartigen Verbindungen zerfällt sie durch salpetrige Säure in Stickstoff, Wasser und die entsprechende Säure ($C_{18}H_9NO_6 + NO_3 = 2N + HO + C_{18}H_8O_8$). Auffällig ist es nur, dass sie als Amid noch saure Eigenschaften besitzt, gleicht jedoch darin dem Asparagin und der Asparaginsäure, ja das Glycin selbst (das Amid der Glycinsäure) geht mit vielen Basen-Verbindungen ein. Nach dieser Ansicht von der theoretischen Zusammensetzung der Hippursäure lassen sich auch am einfachsten die übrigen Zersetzungsweisen derselben deuten, während diese früher zu den widersprechendsten Ansichten Veranlassung gaben. Mit Braunstein und Schwefelsäure erhitzt, zerfällt sie in Kohlensäure, Ammoniak und Benzoësäure ($C_{18}H_9NO_6 + 6O = C_{14}H_6O_4 + H_3N + 4CO_2$); mit Bleihyperoxyd dagegen gekocht, liefert sie Benzamid, Kohlensäure und Wasser ($C_{18}H_9NO_6 + 6PbO_2 = C_{14}H_7NO_2 + 2HO + 6PbO + 4CO_2$); mit concentrirten Mineralsäuren erhitzt, spaltet sie sich unter Wasseraufnahme in Glycin und Benzoësäure ($C_{18}H_9NO_6 + 2HO = C_4H_5NO_4 + C_{14}H_6O_4$); die gleiche Zersetzung erleidet sie, wenn sie mit wässrigem Chlorzink längere Zeit auf einer Temperatur von 120° erhalten wird; erhitzt man sie dagegen mit wasserfreiem Chlorzink auf ungefähr 300°, so bildet sich neben Kohlensäure Benzonitril ($C_{18}H_9NO_6 = C_{14}H_5N + 4HO + CO_2 + 3C$).

Ausserhalb des thierischen Organismus kann die Hippursäure künstlich gebildet werden durch Einwirkung von Chlorbenzoyl auf Glycinzink in einer geschlossenen Glasröhre bei 120° ($C_{14}H_5O_2.Cl + C_4H_4NO_3.ZnO = ZnCl + C_{18}H_9NO_6$) *Dessaignes*[3]).

Physiol. Verhalten. Vorkommen. Die Hippursäure ist als constanter Bestandtheil des *Harns* pflanzenfressender Säugethiere gefunden worden; im Harn der Kälber fehlt diese Säure jedoch so lange, als sie noch keine vegetabilische Nahrung verzehrt haben (*Wöhler*). Die Menge der Hippursäure im Harn der Pferde ist sehr schwankend; bemerkenswerth aber ist, dass gerade wohlgenährte Luxuspferde nur wenig, oft nur spurweise Hippursäure

---

1) *Gössmann*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 90, S. 181—184.
2) *Strecker*, ebendas. Bd. 91, S. 359—367.
3) *Dessaignes*, Compt. rend. T. 37, p. 251.

excerniren, während der Harn der Arbeitspferde gewöhnlich sehr reich daran ist (bis 1,5% enthalten kann). Nach *Roussin's*[1]) Bestimmungen scheint der Harnstoff im Pferdeharn mit der Zunahme der Hippursäure abzunehmen. Im Harn verschiedenartig erkrankter Pferde wird immer Hippursäure gefunden.

Im Harn der Schweine und der meisten fleischfressenden Thiere ist bis jetzt diese Säure noch nicht gefunden worden.

Im Harn mancher Schildkröten kommt sie neben Harnsäure und Harnstoff vor.

Im Harn des Menschen findet sich die Hippursäure immer nach dem Genusse vegetabilischer Nahrungsmittel, ja selbst wenn überwiegend animalische Nahrung genossen wird, ist sie noch, wenn auch nur in geringen Mengen nachzuweisen (von 0,03 bis 0,98%). Auch im Harne Diabetischer, die einer rein animalischen Kost unterworfen sind, fehlt die Hippursäure nicht. Ihre Zunahme im Harne andrer Kranken ist noch nicht genügend erforscht worden.

Nach dem Genusse von Benzoësäure, Benzoylwasserstoff, Benzoëäther und Zimmtsäure findet sich die Hippursäure im Harn vermehrt oder tritt da auf, wo sie, wie bei Hunden, sonst nicht vorkommt.

Dass nach Aufnahme von Bernsteinsäure in den Organismus die Menge der Hippursäure im Harn vermehrt werde, wie *Buchheim* und *Piotrowski*[2]) andeuteten, *Kühne*[3]) aber bestätigt zu haben glaubte, ist durch *Hallwachs*[4]) widerlegt worden.

Hippursäure selbst erleidet im thierischen Organismus keine Veränderung; wenigstens wurde sie von *Schwarz* so wie von *Buchheim* und *Piotrowski* unverändert im Harn wieder gefunden. Nitrobenzoësäure $C_{14}(H_5 . NO_4)O_4$ erscheint nach *Bertagnini* im Harn als Nitrohippursäure = $C_{18}(H_8 . NO_4)N\,O_6$.

Im *Blute* des Rindes ist die Hippursäure leicht nachweisbar, *Robin* und *Verdeil* so wie *Hervier* glauben sie auch im Menschenblute gefunden zu haben.

Im *Schweisse*, im Smegma praeputii vom Pferde, so wie im Castoreum finden sich Spuren von Hippursäure, die aber meist schon in Benzoësäure verwandelt ist. In den Hautborken bei Ichthyosis fand *Schlossberger* unveränderte Hippursäure.

Entstehung. Ueber die *Genesis* der Hippursäure aus zugeführter Benzoësäure sind von *Kühne* und *Hallwachs*[5]) zahlreiche und umsichtige Versuche angestellt worden. Darnach geht ins Blut injicirte Benzoësäure (an Na-

1) *Roussin*, Compt. rend. T. 42, p. 583.
2) *Buchheim* und *Piotrowski*, Arch. f. physiol. Hlk. N. F. Bd. 1, S. 41.
3) *Kühne*, Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. Bd. 12, S. 396—401.
4) *Hallwachs*, Ann. der Ch. und Pharm. Bd. 106, S. 160—165.
5) *Kühne* und *Hallwachs*, Nachr. d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen 1857. N. 8, S. 129—134.

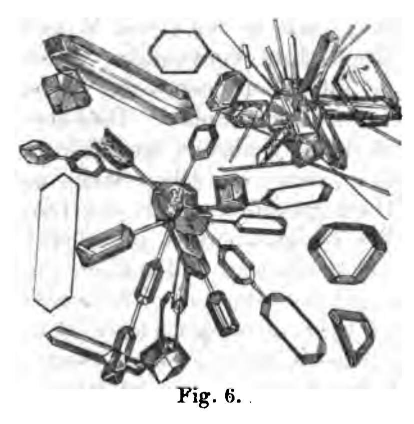
tron gebunden) nicht in Hippursäure über; auch in den ersten Wegen wird die Benzoësäure noch nicht in Hippursäure verwandelt; wahrscheinlich ist, dass die von aussen zugeführte Benzoësäure bei ihrem Durchgange durch die Leber erst jene Umwandlung erleidet. Dass aber Hippursäure nicht nur aus von aussen in den Organismus eingeführter Benzoësäure in demselben gebildet werden könne, war schon daraus zu erschliessen, dass Hippursäure auch im Harn gefunden wurde, von Diabetikern, die nur Animalien genossen, von Typhuskranken, die 8 bis 12 Tage gar nichts als leichtes Getränk zu sich genommen und endlich von Schildkröten, die 8 Wochen lang nichts gefressen hatten. *Hallwachs* hat indessen durch eine höchst sorgfältige Untersuchung nachgewiesen, dass in den gewöhnlichen Nahrungsmitteln der Kühe weder Benzoësäure, noch Bittermandelöl, noch ein Stoff enthalten ist, der durch Oxydationsmittel, Säuren oder Alkalien Benzoësäure oder Benzoylwasserstoff lieferte. Man muss also schliessen, dass auch das Benzoylradical der Hippursäure nicht direct aus der Nahrung abzuleiten sei, sondern dass im thierischen Organismus sich aus den eiweissartigen Substanzen ebenso Benzoylverbindungen bilden können, wie ausserhalb desselben durch Oxydationsmittel (*Guckelberger*). Es kann demnach die Erfahrung, dass Herbivoren durchschnittlich Hippursäure, Carnivoren aber nicht erzeugen, nur sehr mittelbar mit der Nahrung der Thiere zusammenhängen. Dass die Hippursäure reines Ausscheidungsproduct ist, bedarf in Berücksichtigung des Vorkommens derselben kaum der Erwähnung.

Dokimasie.

Bei der Ermittlung der Hippursäure in thierischen Flüssigkeiten ist besonders darauf zu achten, dass die letztern ganz frisch in die chemische Behandlung genommen werden; denn häufig bedingt schon ein geringer Grad von Zersetzung oder Gährung die Umwandlung dieser Säure in Benzoësäure; weit weniger ist eine Zersetzung dieser Säure durch die Behandlung mit Säuren zu befürchten. Man bereitet sich auf ganz ähnliche Weise, wie bei der Bernsteinsäure, Benzoësäure und Milchsäure gezeigt worden ist, ein ätherisches Extract aus dem mit Oxalsäure versetzten alkoholischen Auszuge der thierischen Flüssigkeit; zur Herstellung des ätherischen Extractes ist es hier oft gut, alkoholhaltigen Aether anzuwenden; indessen ist reiner Aether gewöhnlich ausreichend; dieses ätherische Extract bildet oft eine amorphe, weiche Masse, die erst auf Zusatz von Wasser Krystalle ausscheidet. Zur Entfernung des Fettes und etwa gelöster Oxalsäure kann man das Extract mit Kalkwasser neutralisiren, filtriren, etwas verdunsten und mit Salzsäure versetzen, worauf sich die characteristischen Krystalle dieser Säure leicht unter dem Mikroskop studiren lassen. Ist die Menge der rein ausgeschiedenen Hippursäure gross genug, so kann man sie an ihrer Ausscheidungsform aus heissem Wasser, an den Producten der trocknen Destillation (Benzoësäuresublimat und Benzonitril), so wie durch die Prüfung auf Stickstoff mittelst Natronkalk oder Kalium u. s. w. sehr leicht erkennen und von der Benzoësäure unterscheiden.

---

1) *Hallwachs*, Ann. d. Ch. u Pharm. Bd. 105, S. 207—213.


Fig. 6.

Bei der Krystallisation aus langsam erkaltenden Lösungen scheidet sich die Hippursäure gewöhnlich in vierseitigen Prismen ab mit zwei oder vierflächiger Zuspitzung; auch unter dem Mikroskop erscheinen die grössern Krystalle oft gestreift, was namentlich an den mit unbewaffnetem Auge leicht erkennbaren Krystallen auffällig ist. Scheiden sich die Krystalle aus kalten Lösungen durch allmählige Verdunstung aus (wie oft geschieht, wenn man zum alkoholischen Extracte hippursaurehaltigen HarnsSalzsäure setzt) oder kühlt man eine gesättigte, siedendheisse wässrige Lösung plötzlich ab, so bilden sich jene kurzen Prismen, die oft den sog. Tripelphosphaten gleichen; im letztgenannten Falle bilden sich oft wie in beistehender Figur gleichsam Verbindungsstücken zwischen den einzelnen Krystallen. Die Grundform der Hippursäurekrystalle ist ein verticales rhombisches Prisma; an einzelnen der flachern Krystalle lassen sich auch unter dem Mikroskop die Neigungswinkel messen, und man wird auch durch die mikrogoniometrische Bestimmung den Neigungswinkel des verticalen Prismas der Grundform $99^0\ 59'$, den des brachydiagonalen Horizontalprismas $= 94^0 50'$ und den des makrodiagonalen $= 85^0 14'$ finden.

Salicylursäure.

Die **Salicylursäure**, $C_{18}H_9NO_8$, erscheint nach Aufnahme von Salicylsäure, Salicin und Salicylwasserstoff im Harn (*Bertagnini*[1]); sie ist entsprechend der Hippursäure das Amid einer Säure mit doppeltem Radical d. h. dem Salicylsäureradical und dem Glycolsäureradical, also $\left.\begin{matrix}C_{14}(H_4.C_4H_3O_4)O_4\\ H\end{matrix}\right\} O_2$. Sie liefert auch analog der Hippursäure durch Kochen mit concentrirter Salzsäure Glycin und Salicylsäure.

Neben Hippursäure kann diese Säure leicht erkannt werden, wenn man das so eben erwähnte saure ätherische Harnextract mit kohlensaurem Kalk neutralisirt, und zu einem Tropfen dieser Lösung einen Tropfen neutralen Eisenchlorids setzt; es tritt dann die blaurothe Färbung sogleich hervor. Oft kommt aber neben Salicylursäure Salicylsäure vor; *Bertagnini* räth das Gemeng auf 150^0 in einem Luftstrom zu erhitzen, wo sich die Salicylsäure verflüchtigt; allein bei kleinern Mengen ist diese Methode nicht wohl ausführbar; es ist dann vorzuziehen, das Kalksalz krystallisiren zu lassen und unter dem Mikroskop zu betrachten; der salicylsaure Kalk krystallisirt nämlich in Oktaëdern, während der salicylursaure sich in Prismen ausscheidet.

Tolursäure.

Auch die **Toluylsäure** geht nach *Kraut*[2]) im thierischen Organismus in eine ähnliche Amidsäure über $C_{20}H_{11}NO_6$: auch sie giebt bei der Zersetzung mit Salzsäure Glycin neben Toluylsäure, ist also als das Amid einer Säure $= \left.\begin{matrix}C_{16}(H_6.C_4H_3O_4)O_2\\ H\end{matrix}\right\} O_2$ zu betrachten.

---

1) *Bertagnini*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 97, S. 248—253.

2) *Kraut*, ebendas. Bd. 98, S. 360—366.

Cholsäure.

Cholsäure, $C_{48}H_{40}O_{10}$, ist in chemischer Beziehung noch nicht so weit erforscht, dass sich über ihre theoretische Zusammensetzung ein Urtheil fällen liesse. Ihr leichter Uebergang in Choloidinsäure und Dyslysin durch einfachen Wasserverlust, dient nicht dazu die Constitution dieser Säure aufzuklären; dagegen liefert sie beim Kochen mit Salpetersänre Caprinsäure, Caprylsäure und Cholesterinsäure, aber keine Oxalsäure; wird sie mit Kalihydrat zusammengeschmolzen, so bildet sich Palmitinsäure, Essigsäure, Metacetonsäure und Ameisensäure.

Diese Zersetzungsweisen entsprechen der aus andern Gründen abgeleiteten Hypothese, wornach die Cholsäure eine Fettsäure sei, in welcher sich nicht nur ein Atom Wasserstoff, wie in der Oelsäure durch C_4H_3, sondern noch mehrere Atome Wasserstoff durch ein mehratomiges Radical, welches entweder aus einem Kohlenhydrat oder dem Glycerin oder einem mannitähnlichen Stoffe abzuleiten sei. Ist die Oelsäure $= C_{32}(H_{31}.C_4H_3)O_4$ so könnte die Cholsäure sein $= C_{32}(H_{29}.C_4H_3.C_{12}H_8O_6)O_4$; es wären also in der Oelsäure oder Palmitinsäure durch das Radical $C_{12}H_8O_6 = 2$ At. Wasserstoff vertreten.

Vorkommen.

Diese Säure findet sich in der Galle in Verbindung mit stickstoffhaltigen Materien, wird aber von diesen, sobald sie in den *Darmcanal* gelangt, bald getrennt und grösstentheils in Choloidinsäure und Dyslysin umgewandelt. In sehr geringen Mengen findet man sie in den normalen *Excrementen*; nur bei Diarrhöen geht sie in grösserer Menge in dieselben über.

Bildung.

Dass die Cholsäure, gewissermaassen die Grundlage der eigentlichen Gallensäuren, erst in der Leber gebildet wird, kann dem ganzen Vorkommen dieses Stoffs zufolge kaum bezweifelt werden; unentschieden ist allerdings noch, aus welchem Material diese Säure in der Leber erzeugt werde; indessen ist aus (später anzuführenden) physiologischen und chemischen Forschungen zu ersehen, dass Fett und namentlich öliges Fett einen wesentlichen Antheil an der Gallenbildung nimmt; und es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass die Bildung dieser Säure zunächst, wie eben gezeigt, aus Palmitinsäure oder Oelsäure mittelst Substitution des Wasserstoffs durch ein sauerstoffhaltiges Radical erzeugt werde.

Glycocholsäure.

Die Glykocholsäure verhält sich zur Cholsäure ganz wie die Hippursäure zur Benzoësäure; so wie nämlich die Hippursäure durch Einwirkung von starken Mineralsäuren in Benzoesäure und Glycin zerfällt, so diese Säure in Cholsäure und Glycin.

Dieselbe ist hauptsächlich in der *Rindsgalle* gefunden worden und kommt auch in der Galle mehrerer andrer Thiere, jedoch meistens in verhältnissmässig geringen Mengen vor. Im *Darmcanale* wird sie sehr bald zersetzt. Dass diese Säure erst in der Leber gebildet werde, ist ziemlich wahrscheinlich. Ihre Function im Darmcanale mag der der Galle im Allgemeinen entsprechen, nämlich die Resorption der Fette zu begünstigen.

Taurocholsäure.

Die **Taurocholsäure** ist jene Säure, die bei ihrer Zerlegung durch Säuren oder durch Alkalien neben Cholsäure Taurin abscheidet. Genauer erforscht ist die Zusammensetzung noch nicht.

Dieselbe findet sich in der *Galle* des Menschen, des Rindes und wahrscheinlich in den schwefelhaltigen Gallen des Fuchses, Bären, Hammels, Hundes, Wolfs, der Ziege, einiger Vögel und der Süsswasserfische; in der Galle der Boa Anaconda scheint sie allein, d. h. ohne eine schwefelfreie harzige Gallensäure enthalten zu sein.

Im *Blute*, in *Transsudaten* und im *Harn* ist die Taurocholsäure in allen Fällen unterdrückter oder beeinträchtigter Excretion der Galle nachzuweisen.

Im *Darmcanale* wird sie gleich der Glykocholsäure sehr bald zersetzt; daher in demselben immer Taurin neben freier Choloidinsäure oder Cholsäure gefunden wird.

Die Bildung dieser Säure in der Leber ist kaum zweifelhaft. Was ihre Function betrifft, so dürfte sie noch weit mehr als die vorgenannte Säure zur Beförderung der Fettresorption im Darme dienen; denn sie besitzt vorzugsweise ein grosses Lösungsvermögen für Fette und zwar ebensowohl im freien Zustande, als wenn sie an Alkalien gebunden ist.

Hyocholinsäure.

In der Galle der Schweine findet sich noch eine Säure, welche bei ihrer Zersetzung durch Säuren oder Alkalien, wie die Glykocholsäure Glycin liefert neben einer der Cholsäure nicht unähnlichen, die aber derselben homolog ist; sie enthält gerade 2 Aequ. Kohlenstoff und Wasserstoff mehr als die Cholsäure.

Diese **Hyocholinsäure** scheint in der Schweinsgalle der einzige Bestandtheil zu sein, der, wie die vorerwähnten Säuren, der Galle ihre wesentlichen Eigenschaften ertheilt.

Dokimasie.

Der chemische Nachweis der einzelnen dieser Säuren ist in der Regel nur möglich, wenn man über grössere Mengen zu verfügen hat; über die dann einzuschlagenden Methoden giebt jedes Lehrbuch der organischen Chemie Aufschluss, da diese Methoden eben dieselben sind, die man zur Darstellung dieser Stoffe überhaupt anzuwenden pflegt.

Sucht man in thierischen Flüssigkeiten nach Galle, so ist diese entweder durch Ermittlung des Gallenpigments oder der erwähnten Säuren nachzuweisen. Zu letzterm Zwecke ist von *Pettenkofer* eine treffliche Reactionsmethode ermittelt worden, welche ebensowohl auf Cholsäure als alle ihre Verwandten anwendbar ist. Diese Säuren haben nämlich die Eigenschaft mit etwas Zuckerlösung und concentrirter Schwefelsäure eine prächtig purpurviolette Lösung zu geben. Um jedoch diese Reaction in Anwendung zu bringen, ist es nöthig, so viel als möglich fremde Körper zu entfernen. Man dampft daher die auf Galle zu untersuchenden Flüssigkeiten (nach Entfernung des etwa vorhandenen und coagulirten Albumins) ab, zieht den Rückstand mit Alkohol aus, und behandelt das getrocknete alkoholische Extract noch mit Aether, welcher letztre hauptsächlich Fett, zuweilen aber auch wie bei Untersuchung der Excremente, etwas Cholsäure oder Dyslysin aufnimmt. Den in Aether unlöslichen Rückstand löst man in wenigen Tropfen Wasser, d. h. nur in so viel, dass man eine gleichförmige Flüssigkeit erhält, fügt

hierzu einen Tropfen einer Auflösung von 1 Th. Zucker (Rohrzucker oder Krümelzucker) in 4 Th. Wasser und fügt dann tropfenweise englische Schwefelsäure (frei von schwefliger Säure) zu und zwar so, dass die Flüssigkeit sich nicht viel über 50⁰ erwärmt; anfangs pflegt bei Gegenwart von Gallensäuren eine Trübung von sich ausscheidender Säure zu entstehen; mehr Zusatz von Säure macht die Trübung verschwinden; die anfangs gelbe Lösung wird sehr schnell blasskirschroth, bald dunkelcarminroth und endlich purpurviolett. Man darf aber nicht allzu vorsichtig die Schwefelsäure zusetzen; denn wenn die Flüssigkeit sich gar nicht erwärmt, so tritt trotz Gegenwart von Galle die Reaction nicht ein. Die Schwefelsäure muss concentrirt sein, daher darf man sie auch nie auf zu verdünnte Lösungen anwenden; denn da würde trotz der Gegenwart von Galle keine Reaction eintreten. Die Reaction muss aber sehr bald d. h. schon nach wenig Minuten eintreten; denn wie *Kunde* und *Schulze* gefunden, haben viele andre Stoffe, namentlich Fette und ätherische Oele auch die Eigenschaft mit Zucker und Schwefelsäure ganz ähnliche Färbungen zu geben; diese entstehen aber nur langsam und unter reichlichem Zutritt der atmosphärischen Luft. Die Gegenwart von Galle kann übrigens nur als erwiesen angesehen werden, wenn die Flüssigkeit sich nicht blos roth, sondern purpurviolett färbt. So geben z. B. Fette auf einem Uhrgläschen erst nach längerer Einwirkung jene purpurviolette Färbung, in einem Probirgläschen aber nur eine bräunlich rothe; bekannt ist übrigens, dass concentrirte Schwefelsäure mit vielen andern Substanzen auch mehr oder weniger intensiv rothe oder braune Färbungen giebt.

Kleine Mengen Gallensäuren können aber oft trotz der angewendeten Vorsichtsmassregeln entweder ganz übersehen oder wenigstens nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden, namentlich, wenn das alkoholische Extract reich an Chlornatrium, Harnstoff und überhaupt an andern Stoffen ist; frei werdende Salzsäure oder sich entwickelnde schweflige Säure hindern dann den Eintritt einer deutlichen Reaction. In solchem Falle ist die wässrige Lösung des alkoholischen Extracts mit basisch essigsaurem Bleioxyd zu fällen und der gefällte Niederschlag mit heissem Alkohol zu digeriren und zu filtriren; in der Lösung sind die Säuren an Bleioxyd gebunden; man kann nun das Blei entweder unmittelbar mit Schwefelwasserstoff entfernen und auf den Rückstand der filtrirten und abgedampften Flüssigkeit jene Reaction anwenden, oder man verdunstet den Alkohol, digerirt die rückständigen Bleisalze mit kohlensaurem Natron, filtrirt vom kohlensauren Bleioxyd ab und verdunstet; die Natronsalze jener Gallensäuren pflegen dann durch jene Reaction aufs deutlichste erkannt zu werden.

Stände viel Untersuchungsmaterial zu Gebote und enthielte dieses nicht allzu geringe Mengen von Gallenstoffen, so könnte man auf folgende Weise versuchen, sich über das Vorhandensein der einen oder der andern oben genannten Gallensäuren zu unterrichten. Man versetze den durch starken Alkohol erhaltenen Auszug allmählig mit dem 8- bis 12fachen Volumen Aether, und lasse das Gemisch 24 bis 48 St. lang stehen; nach Verlauf dieser Zeit ist die Trübung der Flüssigkeit verschwunden, und ein Sediment entstanden, welches entweder flockig und klebrig ist, so dass es den Wänden des Gefässes anhaftet (dieses besteht meist aus albuminösem Stoff oder sog. Extractivstoffen), oder eine harzähnliche oder halbflüssige, zähe Masse darstellt (taurocholsaures oder choloidinsaures Alkali) oder aus mehr oder weniger grossen,

mit blossem Auge wahrnehmbaren Büscheln wohl ausgebildeter Krystalle besteht, die entweder cholsaures oder glykocholsaures Natron sind. Bemerkenswerth ist, dass selbst die geringsten Mengen glykocholsauren Alkalis sich auf diese Weise noch krystallinisch ausscheiden (aus einer Lösung von ungefähr 0,07 grm. glykocholsaurem Natron in 150 grm. Alkohol erhält man durch Zusatz von 560 grm. Aether noch die schönsten Krystalle jenes Salzes). Immer müssen aber die erhaltenen Krystalle mikroskopisch oder wenigstens mit der Loupe untersucht werden, da auch manche andere Salze, z. B. essigsaures Natron, bei jener Behandlungsweise sich krystallinisch ausscheiden; bilden die Krystalle aber sechsseitige Säulen mit einer einzigen sehr schrägen Abstumpfungsfläche, und giebt ihre wässrige Lösung die Gallenreaction, so ist an der Gegenwart der Glykocholsäure nicht zu zweifeln. Erhält man aber die Krystalle in syrupöser Masse eingehüllt oder nur die ersteren, so trennt man die Säure durch etwas Schwefelsäure von dem Alkali, extrahirt mit Aether, in welchem die gepaarten Cholsäuren, so wie die Choloidinsäure fast unlöslich sind; ist so die krystallisirbare Cholsäure oder Glykocholsäure isolirt, so kann man sich durch Kochen mit Kalilauge, die mit letzterer Ammoniak entwickelt, von der Anwesenheit oder Abwesenheit der einen oder andern überzeugen; übrigens bildet die Cholsäure mit Baryt ein krystallisirbares Salz, was der glykocholsaure Baryt nicht thut. Von der Choloidinsäure, die gleich der Glykocholsäure in Aether wenig löslich ist, kann letztere leicht durch ihre Krystallisirbarkeit und die Krystallisirbarkeit ihrer Salze aus alkoholisch-ätherischen Lösungen unterschieden werden; der glykocholsaure Baryt endlich ist zwar, gleich dem choloidinsauren, nicht krystallisirbar, unterscheidet sich aber von demselben durch seine Löslichkeit in Wasser.

Nur sehr selten gelingt es, die Taurocholsäure in der durch Aether ausgeschiedenen extractartige Masse durch Auflösen in Wasser, Entfernung andrer Säure durch neutrales essigsaures Bleioxyd und Fällen der Taurocholsäure durch basisch essigsaures Bleioxyd, Zersetzen des entstandenen Niederschlags durch Schwefelwasserstoff und Prüfung mit salpetersaurem Silberoxyd u. s. w. nachzuweisen. Gewöhnlich muss man sich damit begnügen, durch Ausscheidung des Taurins oder durch Schwefelbestimmung die Gegenwart dieser Säure nachweisen: allein bei geringen Mengen gelingt auch dieses oft nicht. Um das Taurin auszuscheiden, ist die fragliche Masse (der oben erwähnte durch Aether entstandene, extractartige Niederschlag) mit concentrirter Salzsäure etwas 6 Stunden lang unter Wiederersatz der verdampften Säure zu digeriren und die saure Flüssigkeit zur Krystallisation zu verdunsten. Ueber die Erkennung des hierbei sich neben Chlorkalium, Chlornatrium oder Salmiak sich ausscheidenden Taurins ist unter diesem das Nöthige bemerkt. Um aus dem Schwefelgehalte einer solchen extractartigen Masse auf die Gegenwart von Taurocholsäure schliessen zu können, muss man sich überzeugt haben, dass nicht etwa Sulphate beigemengt sind, was der Fall sein kann, wenn das alkoholische Extract nicht sorgfältig bereitet worden ist. Ist die Substanz frei von Sulphat, so trägt man sie in das in einem Silbertiegel zum Schmelzen erhitzte (schwefelsäurefreie) kohlensaure Natron allmählig ein und fügt so lange Salpeter (der natürlich auch vorher als schwefelsäurefrei erkannt ist) zu, bis die geschmolzene Masse gleichmässig fliesst und weiss geworden ist.

Die Hyocholinsäure könnte nur mit der Glykocholsäure und der Choloidinsäure verwechselt werden; von ersterer ist sie jedoch leicht zu un-

terscheiden, da weder sie selbst noch ihre Salze aus alkoholischer Lösung durch Aether krystallisirt erhalten werden können. Von der Choloidinsäure ist sie schwieriger zu unterscheiden, da besonders ihr Stickstoffgehalt ohne Elementaranalyse schwierig nachzuweisen ist und die Behandlung mit concentrirter Salzsäure zu wenig Glycin giebt, um dieses mit Sicherheit (wenn nämlich nicht sehr viel Untersuchungsmaterial vorliegt) zu erkennen. Einigermaassen characteristisch ist, dass das Bleisalz der Hyocholinsäure weder beim Trocknen noch beim Kochen mit Wasser zusammenbäckt, was bei dem der Glykocholsäure in hohem Grade der Fall ist.

Harnsäure.

Ueber die theoretische Zusammensetzung der Harnsäure, einer zweibasischen Säure $= C_{10}H_2N_4O_4.2HO$, sind wir noch immer nicht zu einer einfachern Anschauungsweise gelangt, obgleich die Umwandlungsproducte fast keiner andern Substanz so zahlreich und dabei von den ausgezeichnetsten Chemikern so sorgfältig untersucht worden sind, als gerade dieser Säure. Ob sie nach dem Typus eines Doppelatoms Ammonium $= \left.\begin{matrix} H_4N \\ H_4N \end{matrix}\right\}$ zusammengesetzt ist (wie *Gerhardt* annimmt) und welche Radicale in ihr die einzelnen Wasserstoffatome vertreten, lassen wir dahin gestellt sein, zumal da eine solche Hypothese zur Deutung der physiologischen, die Harnsäure betreffenden Erscheinungen weder nothwendig, noch auch besonders vortheilhaft sein dürfte. Hervorzuheben möchte nur dieses sein, dass die eine Hälfte des Stickstoffs in der Harnsäure in einer andern Form oder Verbindung enthalten sein muss, als die zweite Hälfte. Wir sehen nämlich bei Einwirkung der verschiedenartigsten Agentien auf die Harnsäure nach Aufnahme von Sauerstoff und von Wasser fast immer die eine Hälfte des Stickstoffs unter der Form des Harnstoffs abgespalten werden oder müssen dasselbe aus dem Auftreten seiner einfachern Umwandlungsproducte erschliessen. Wird z. B. Harnsäure mit chlorsaurem Kali und Salzsäure behandelt, so bildet sich unter Aufnahme von Wasser und Sauerstoff neben Harnstoff ein andrer stickstoffhaltiger Körper, das Alloxan:

$$\underset{\text{Harnsäure.}}{C_{10}H_4N_4O_6} + 2HO + 2O = \underset{\text{Harnstoff.}}{C_2H_4N_2O_2} + \underset{\text{Alloxan.}}{C_8H_2N_2O_8}$$

Diese andere Hälfte des Stickstoffs, welche im Alloxan enthalten ist, kann aber von Neuem zur Bildung von Harnstoff verwendet werden, wenn das Alloxan mit überschüssigem Barytwasser gekocht wird, nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Alloxan.}}{C_8H_2N_2O_8} + 4HO = \underset{\text{Harnstoff.}}{C_2H_4N_2O_2} + \underset{\text{Mesoxalsäure.}}{C_6H_2O_{10}}$$

Eine andre für die Physiologie interessante Umsetzungsform der Harnsäure ist die durch Bleihyperoxyd und Wasser; wird diese Säure damit gekocht, so bildet sich gewöhnlich Allantoïn, Harnstoff, oxalsaures und kohlensaures Bleioxyd; doch scheint hier die Umwandlung in zwei Perioden zu erfolgen, so dass in der ersten durch Einwirkung des braunen Bleihyperoxyds nur Allantoïn und kohlensaures Bleioxyd gebildet zu werden scheint, während in der zweiten das gebildete Allantoïn

durch noch unzersetztes Hyperoxyd in Harnstoff und oxalsaures Bleioxyd zerfällt.

$$\underset{\text{Harnsäure.}}{C_{10}H_4N_4O_6} + 2HO + 2PbO_2 = \underset{\text{Allantoïn.}}{C_8H_6N_4O_6} + 2PbO.CO_2$$

$$\underset{\text{Allantoïn.}}{C_{10}H_6N_4O_6} + 2HO + 2PbO_2 = \underset{\text{Harnstoff.}}{2C_2H_4N_2O_2} + 2PbO + C_4O_6.$$

So wichtig die andern zahlreichen Zersetzungsproducte der Harnsäure für die allgemeine Chemie sind, so sind doch zwischen ihnen und den physiologischen Verhältnissen noch keine nähern Beziehungen geltend zu machen.

Verwandte d. Harnsäure.

Die Harnsäure steht unter den organischen Stoffen so isolirt da, dass man bis jetzt ebenso wenig einen ihr homologen Körper gefunden hat, als es gelungen ist, aus ihren mannigfachen Umsetzungsformeln eine einigermassen plausible Constitutionsformel zu construiren. Indessen giebt es einige ziemlich indifferente oder amphotere Stoffe, welche in der einen oder der andern Beziehung der Harnsäure nahe zu stehen scheinen. Unter diesen sind das Xanthin und Hypoxanthin zu nennen, die ihrer empirischen Zusammensetzung nach niedere Oxydationsstufen des Harnsäureradicals zu sein scheinen und selbst in mehreren ihrer Eigenschaften und Umwandlungsproducten eine Verwandtschaft mit der Harnsäure verrathen; diese Stoffe sind neben

Harnsäure $C_{10}H_4N_4O_6$
Xanthin $C_{10}H_4N_4O_4$
Hypoxanthin $C_{10}H_4N_4O_2$.

Nicht unerwähnt kann hier bleiben, dass das Xanthin mit zwei bekannten vegetabilischen Stoffen eine homologe Gruppe bildet; wir haben nämlich:

Xanthin $= C_{10}H_4N_4O_4$
Theobromin $= C_{14}H_8N_4O_4$
Theeïn $= C_{16}H_{10}N_4O_4$.

Dass die Homologie dieser drei Körper kein zufälliges Spiel der Natur ist, geht aus den Zersetzungsproducten dieser vegetabilischen Stoffe hervor; dieselben sind nämlich denen der Harnsäure wiederum homolog und in mehreren Reactionen sehr ähnlich.

Andrerseits schliessen sich aber, weniger in chemischer als in physiologischer Beziehung, an die Harnsäure noch eine Anzahl Stoffe an, welche weder einen entschieden sauren noch entschieden basischen Character an sich tragen und über deren theoretische Zusammensetzung man ebenso wenig oder weniger noch als über die der Harnsäure aufgeklärt ist. Diese sind:

Guanin $= C_{10}H_5N_5O_2$
Allantoïn $= C_8H_6N_4O_6$
Cystin $= C_{12}H_{12}N_2S_4O_8$(?)
Taurin $= C_4H_7NS_2O_6$.

Vorkommen.

Die Harnsäure kommt im normalen menschlichen *Harne* an Natron gebunden als saures harnsaures Natron vor $=NaO.HO.C_{10}H_2N_4O_4$ und ist in jenem gewöhnlich aufgelöst, scheidet sich aber oft als sog. amorphes Sediment in mikroskopischen Körnchen aus, nur sehr selten krystallisirt. Im Harn der fleischfressenden Säugethiere findet sich diese Säure gewöhnlich in äusserst geringen Mengen; doch scheint sie darin nie ganz zu fehlen. Im Harn der Affen und Schweine mangelt diese Säure gänzlich, ebenso wie in dem der pflanzenfressenden Säugethiere (mit Ausnahme der noch von der Muttermilch lebenden Kälber). Der Harn der Vögel und Schlangen besteht fast nur aus harnsauren Salzen. Man hat Harnsäure auch im Harn einiger Schildkröten, in den rothen Excrementen der Schmetterlinge, einiger Raupen und Käfer vorgefunden.

Der Gehalt des Menschenharns an Harnsäure wechselt zunächst mit der sehr veränderlichen Concentration desselben; selbst unter normalen Verhältnissen kann die Menge dieser Säure im Harn zwischen 0,01% und 0,82% schwanken. Ein gesunder erwachsener Mann entleert in 24 St. durchschnittlich nicht mehr als 0,5 grm. Harnsäure.

Eine absolute Vermehrung der täglich excernirten Harnsäure findet man bei gestörter Verdauung, oft schon nach dem Genuss schwerverdaulicher Speisen und spirituöser Getränke und fast in allen von heftigerm Fieber begleiteten Krankheiten. In diesen Fällen scheidet sich eben die Harnsäure an Natron gebunden als jenes amorphe Sediment aus dem erkaltenden Harne ab; dasselbe löst sich beim Erwärmen bis auf 50° gewöhnlich sehr leicht wieder auf.

Eine Vermehrung der Harnsäure unter Bildung dieses Sediments beobachtet man überhaupt gewöhnlich in allen den Zuständen, welche entweder mit Störung des Gasaustausches in den Lungen oder Störungen der Blutcirculation verbunden sind, z. B. bei Lungenemphysem, Herzleiden, Leberaffectionen. In acuter Arthritis ist die Harnsäure im Harn vor Eintritt der Paroxysmen vermehrt, während derselben oder in chronischer Gicht dagegen vermindert.

Krystallisirt in Prismen (s. unten Harnsedimente) wurde das harnsaure Natron im Harn nur nach Einnahme grössrer Mengen Gerbsäure, sowie auch während eines gewissen Stadiums der alkalischen Gährung desselben gefunden.

Freie Harnsäure findet sich nur höchst selten in frischgelassenem Harn; doch hat meist der fieberhafte Harn das Eigenthümliche, dass er früher als normaler Harn an der Luft säuert und Harnsäurekrystalle ausscheidet (s. Fig. 8).

Harnsaures Ammoniak ist ebenfalls nur Product der Gährung des Harns, jedoch der alkalischen, die auch meist erst ausserhalb des Körpers eintritt; nur bei inveterirtem Blasenkatarrh (namentlich bei Blasenlähmung) alkalescirt der Harn schon innerhalb der Blase und enthält dann, frisch entleert, jenes Salz in schwarzbraunen mit feinen Nadeln besetzten Kugeln (s. Harnsedimente).

Im *Blute* findet sich die Harnsäure nur in sehr geringen Mengen; *Garrod*[1]) glaubt sie im Blute Gichtkranker und solcher, die an Bright'scher Krankheit leiden, vermehrt gefunden zu haben; *Scherer*[2]) hat sie in leuchämischem Blute in nicht allzu geringen Mengen vorgefunden.

In dem Safte der *Milz* ist Harnsäure zuerst von *Scherer* und später von vielen andern nachgewiesen worden; dieselbe fand *Scherer* auch stets in der *Leber* des Menschen und *Cloëtta* selbst in der des Rindes; so traf sie der letztre auch in dem Parenchym der *Lunge* an. Spuren dieser Säure entdeckte *Liebig* im *Muskelsafte* und *W. Müller* jüngst selbst im *Gehirn* des Rindes.

Der *Liquor Allantoïdis* der Vögel enthält immer Harnsäure.

In den *Gichtconcrementen* kommt harnsaures Natron oft sehr schön krystallisirt vor. *Bramson*[3]) hat sie auch in arthritisch erkrankten *Gelenkknorpeln* vorgefunden.

Dass im *Schweisse* Gichtkranker zuweilen Harnsäure vorkomme, ist einmal behauptet, aber in neuerer Zeit von Niemand bestätigt worden.

Physiologische Bedeutung.

Dass die Harnsäure ein reines Ausscheidungsproduct sei, hervorgegangen aus den Umwandlungen stickstoffhaltiger Substrate des Thierkörpers, kann ihrem ganzen Vorkommen nach nicht bezweifelt werden.

Die Harnsäure wird aber gewöhnlich im Organismus unter normalen Verhältnissen noch weiter zersetzt und zwar so, dass ihr ganzer Stickstoffgehalt in Harnstoff übergeht, während ein Theil des Kohlenstoffs (ganz wie oben bei Einwirkung des Bleihyperoxyds auf Harnsäure erwähnt) in Kohlensäure oder Oxalsäure übergeht. Für diese Ansicht, dass unter den normalsten Verhältnissen die Harnsäure in Folge des Oxydationsprocesses im Thierkörper in Harnstoff umgewandelt werde, spricht mehr als eine Thatsache. Harnsäure, innerlich genommen, bewirkt nicht eine Vermehrung der Harnsäure im Harn, sondern vielmehr des Harnstoffs und des oxalsauren Kalks (*Wöhler* und *Frerichs*[4]); dann pflegt die Harnsäure im Harn der Pflanzenfresser zu fehlen, während sie sich doch in einzelnen Organen derselben (Lunge, Leber, Milz) mit Bestimmtheit nachweisen lässt; ferner kommt im Harn säugender Kälber neben Harnsäure Allantoïn vor; ja selbst die fleischfressenden Thiere haben im normalsten Zustande oft nur Spuren von Harnsäure im Harn; dagegen sahen wir oben, dass fast jede Störung des Stoffwechsels im menschlichen Organismus in Folge verminderter Oxydation durch eine Vermehrung der Harnsäure im Harn angezeigt wird.

Man hat zu finden geglaubt, dass je reicher der Harn an Harnsäure, er um so ärmer an Harnstoff sei: allein derartige Versuche sind sehr schwer exact auszuführen, und die bisherigen nur von geringem Werth.

Dokimasie.

Die Harnsäure ist durch ihre chemischen Eigenschaften schon so charac-

---

1) *Garrod*, Lond. med. Gaz. T. 5, p. 88.
2) *Scherer*, Verh. d. physik. med. Ges. zu Würzburg, Bd. 7, S. 123.
3) *Bramson*, Zeitsch. f. rat. Med., Bd. 3, S. 174—184.
4) *Wöhler* und *Frerichs*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 65, S. 340.

terisirt, dass sie nicht leicht, selbst bei Anwesenheit nur geringer Mengen, verkannt werden kann. Ihre fast vollkommne Unlöslichkeit in Wasser, ihre Löslichkeit in ätzenden fixen Alkalien und ihre Fällbarkeit aus diesen Lösungen durch Mineralsäuren und die meisten organischen Säuren sind Eigenschaften, die leicht zu ihrer Ausscheidung in reinerm Zustande benutzt werden können. Aus Harn namentlich kann man sie auf diese Weise von den Mineralsalzen (Erdphosphaten) sowohl als vom Schleim trennen. Soweit wäre aber noch eine Verwechslung mit Guanin, Xanthin und Hypoxanthin möglich: allein von diesen unterscheidet sie sich dadurch, dass sie aus ihren concentrirten alkalischen Lösungen durch Kohlensäure als saures Salz und durch Salmiak als harnsaures Ammoniak gefällt wird. Hat man die Harnsäure durch die genannten Mittel aus Harnsedimenten, Harnsteinen u. dgl. dargestellt, so reicht eine sehr geringe Menge aus, um damit die sog. *Murexidreaction* auszuführen. Dieselbe besteht nämlich darin, dass man die fragliche Substanz mit gewöhnlicher concentrirter Salpetersäure auf einem Uhrgläschen oder kleinem Porzellanschälchen übergiesst und dieses auf einem Sandbade mässig erhitzt; es entweichen Gasblasen; beim weitern vorsichtigen Verdunsten bis zur *Trockenheit* bleibt gewöhnlich eine gelbrothe Masse zurück, welche durch einen Hauch Ammoniak purpurroth gefärbt wird. Würde flüssiges Aetzammoniak zugesetzt, so würde sich alles zu einer farblosen, höchstens gelblichen Flüssigkeit auflösen. Den Hauch Ammoniak applicirt man entweder durch Annäherung eines in starkes Aetzammoniak getauchten Glasstäbchens oder dadurch, dass man die Schale mit dem Harnsäurerückstande über ein mit Ammoniak befeuchtetes oder erfülltes Gefäss hält. Sehr empfehlenswerth ist es aber, die Masse mit einem in Aetzkali getauchten Glasstab zu berühren; sie wird dadurch prächtig purpurblau an den berührten Stellen; man darf aber auch hier nicht zuviel Flüssigkeit zubringen, kann aber dadurch oft die geringsten Spuren der fraglichen Säure entdecken.

Obgleich somit auf rein chemischem Wege die Gegenwart der Harnsäure mit grosser Sicherheit und Leichtigkeit nachgewiesen werden kann: so hat man doch bei keiner andern Substanz die Anwendung des Mikroskops so empfohlen als bei dieser. Die Harnsäure zeigt sich aber hier keineswegs in sehr regelmässigen Formen, namentlich wenn sie künstlich durch Zusatz einer starken Säure zu Harn oder einer alkalischen Harnsäurelösung gewonnen worden ist. Die Grundform der Krystalle ist ein rhombisches Verticalprisma, dessen Flächenneigung $53^0\ 56'$ ist und zwei aus diesen durch Verdoppelung der makro- und brachydiagonalen Achse entstandene Prismen, deren Combinationen Verticalprismen mit elliptischer Basis bilden (*v. Gorup-Besanez*[1]). In der Formel ist diese Combination nach *C. Schmidt*[2]) ausdrückbar $= \infty \breve{P} 2 . \infty P . \infty \bar{P} 2 . \infty \breve{P} \infty . 0 P$.

Setzt man zu frischem Harn Salzsäure oder eine andre starke Säure, so pflegt sich die Harnsäure aus demselben allmählig und zwar gewöhnlich in ziemlich grossen, höchst unregelmässigen Formen auszuscheiden, von denen die umstehende Abbildung einige Beispiele enthält; ausser den hier bezeichneten Formen kommen aber noch andre baroke Gestalten vor, die bald sägenförmig bald sternförmig zackig, bald gezahnt, bald fassförmig, bald schwertblattförmig u. s. w. erscheinen. Nur wenn man unter dem Mikroskop

1) *v. Gorup-Besanez*, Zoochem. Analyse. 2. Aufl., S. 186.
2) *C. Schmidt*, Entwurf einer Unters. S. 28—34.

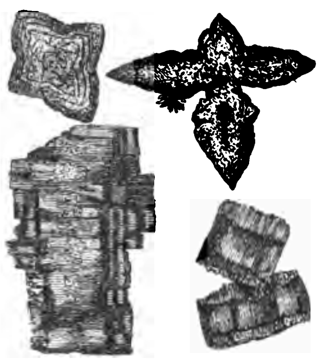


Fig. 7.

unmittelbar ein harnsaures Salz durch eine stärkre Säure zersetzt, treten etwas regelmässigere Formen auf; man sieht da oft höchst hyaline kleine rhombische Tafeln entstehen, die aber wechselnd sich in sechsseitige dünne Blättchen oder flache gurkenkernförmige Platten verwandeln. Jene oft wundersamen Formen erscheinen gewöhnlich stark gelb oder rothgelb tingirt, wenn man die Ausscheidung durch Salzsäure erzielt hat, erscheinen aber bläulich violett, wenn man zu dem Zwecke concentrirte Salpetersäure anwendete. Möglichst rein dargestellte und von Pigment befreite Harnsäure fällt aus der heissen wässrigen Lösung oder durch Fällung der heissen Kalilösung mit Salzsäure in dünnen rissigen Blättchen nieder, unter denen nur hie und da einzelne parallelopipedische Tafeln, die denen des Kreatins oft ausserordentlich ähneln, zu bemerken sind. *Robin* und *Verdeil (Atlas du traité de Chimie anatomique Pl.* 11—13*)* und *Funke* (Atlas zur physiol. Chemie. 2. Aufl. T. 7) haben die mannigfachen Formen dieser künstlich ausgeschiedenen Harnsäure sehr schön dargestellt.



Fig. 8.

Wenn die Harnsäure sich in Folge der sauren Gährung des Harns, die besonders in dem bei fieberhaften Zuständen gelassenen Harn sehr bald eintritt, allmählig ausgeschieden hat, so kommen die in dieser Tafel bezeichneten Formen am häufigsten vor. Man erkennt da die Krystalle schon mit blossen Augen als scharlachroth gefärbte glänzende Körperchen; sie bilden da am gewöhnlichsten jene rhombischen Tafeln, deren stumpfe Winkel abgerundet sind, die sog. Wetzsteinformen; diese treten oft, wie oben rechts in der beigehenden Figur zu Drusen zusammen, in welchen sich die Platten vielfach kreuzen. Auf der schmalen Seite liegend kann auch diese Art Krystalle oft tonnenförmig erscheinen. — Bei der langsamen Ausscheidung der Harnsäure durch jene Gährung kann diese Säure sich auch in schönen theils gestreiften, theils ungestreiften vierseitigen Prismen mit gerader Endfläche, radienförmig gruppirt, als Drusen ausscheiden, welche oft von den sehr ähnlichen Krystallen des harnsauren Natrons nicht zu unterscheiden sind. Man kann dann durch einfache mikrochemische Reactionen sich sehr bald davon überzeugen, ob diese Krystalle das eine oder das andre sind. Auch die Harnsäure kommt in solchen abortiven Krystallformen vor, die man *Dumbell's* genannt hat; diese erscheinen zuweilen mehr trommelschlägelförmig, ein andermal dagegen mehr wie zwei in ihrer Basis zusammenlaufende Federbüsche. Solche Krystalle, die als Harnsäure nicht ohne weiteres unter dem Mikroskop zu erkennen sind, löse man unmittelbar unter dem Mikroskop durch einen

Tropfen Aetzkali auf, und fälle sie nach vollendeter Lösung wieder durch Salzsäure, wo sie sich dann gewöhnlich in der Form kleiner rhombischer Täfelchen oder schmaler Wetzsteine ausscheiden.

In andern thierischen Flüssigkeiten und selbst im Harn kommen zuweilen so geringe Mengen Harnsäure vor, dass man zu ihrer Erkenntniss noch andre Wege als die angeführten einschlagen muss. Man hat sich dabei zu erinnern, dass die Harnsäure sowohl als ihre Salze in Alkohol absolut unlöslich sind; man bedient sich daher desselben, um zunächst alle hierin löslichen Materien zu entfernen. Man dampft zu dem Zwecke wie gewöhnlich die vom Albumin befreite oder besser nicht erst befreite Flüssigkeit zur Trockniss ab, extrahirt den Rückstand mit Alkohol, und behandelt das darin Unlösliche mit heissem Wasser, wenn die Flüssigkeit alkalisch oder neutral war, mit sehr verdünnter Kalilauge aber, wenn sie sauer war; beim Verdunsten des wässrigen Extracts bilden sich meist Häute auf der Oberfläche der Flüssigkeit, die entfernt werden müssen; hat man den wässrigen Auszug bis auf ein sehr kleines Volumen concentrirt, so setze man Essigsäure im Ueberschuss zu: die Harnsäure scheidet sich alsdann, namentlich wenn deren Menge gering ist, sehr allmählich aus, mit ihr aber, wenn man unterlassen hat die Essigsäure in grossem Ueberschuss zuzusetzen, noch etwas Proteïnsubstanz, von deren Gegenwart unter den Harnsäurekrystallen man sich leicht durch das Mikroskop überzeugen kann.

Eine sehr empfehlenswerthe Methode, geringe Mengen Harnsäure in Organflüssigkeiten nachzuweisen, ist von *Städeler* angewendet worden. Die albuminösen Stoffe werden zuvörderst durch Erhitzen coagulirt und durch Filtriren entfernt; man fügt neutrales essigsaures Bleioxyd zu, durch welches die Harnsäure nicht gefällt wird; nachdem der durch dasselbe entstandene Niederschlag entfernt worden ist, fügt man zur filtrirten Flüssigkeit basisch essigsaures Bleioxyd, durch welches nach etwa 24 St. die Harnsäure an Bleioxyd gebunden vollständig ausgeschieden wird. Dieser letztre Niederschlag wird in Wasser vertheilt und durch Schwefelwasserstoff die Bleisalze zerlegt; beim Verdunsten der filtrirten Flüssigkeit scheidet sich die Harnsäure in bekannten Formen, sehr oft in den oben erwähnten sechsseitigen Tafeln aus, die man leicht mit Cystin verwechseln könnte, wenn nicht das Verhalten beider Stoffe gegen Reagentien so verschieden wäre.

Die Krystalle von harnsaurem Natron und Ammoniak, wie sie sich oft auch aus dem Harne ausscheiden, wird man unter „Harnsedimente" näher beschrieben und abgebildet finden.

Xanthin.

Das Xanthin, $C_{10}H_4N_4O_4$, auch harnige Säure genannt, ist mit Sicherheit bisher nur in einigen selten vorkommenden Harnsteinen gefunden worden. Unter welchen Bedingungen dieser Stoff im Organismus gebildet werde und zur Entstehung solcher Concremente Veranlassung gebe, ist durchaus unbekannt.

Verwechselt werden kann dieser Körper seinem Vorkommen nach nur mit Harnsäure oder Cystin; durch seinen amorphen Zustand lässt er sich jedoch sehr leicht von denselben unter dem Mikroskop unterscheiden. Von der Harnsäure differirt er aber chemisch erstens durch seine Leichtlöslichkeit in

Ammoniak (daher er durch Salmiak aus seiner Kalilösung nicht, wie die Harnsäure gefällt wird); zweitens dadurch, dass er aus seiner Kalilösung durch Kohlensäure als alkalifreies Präcipitat ausgeschieden wird; drittens dadurch, dass er sich in Salpetersäure ohne Gasentwicklung löst, beim Verdunsten aber (keine rothe, sondern) eine gelbe, durch Ammoniak nicht roth werdende Masse hinterlässt. Seine Lösung in Kali färbt Eisenoxydsalze schwarz und reducirt Silbersalze. Vom Cystin unterscheidet er sich ausser seinem Amorphismus durch seine Unlöslichkeit in Salzsäure und Oxalsäure.

Hypoxanthin.

Das Hypoxanthin, $C_{10}H_4N_4O_2$, wurde von *Scherer*[1]) entdeckt und zwar zuerst im Safte der *Milz* gefunden. *Gerhard* fand es später im normalen Rinds*blute* und *Scherer*[2]) so wie *Virchow* in grössern Mengen im Blute an Leuchämie Erkrankter; *Scherer* erkannte es auch im Safte des *Herzmuskels:* später wurde seine Gegenwart auch in der *Leber* von demselben Forscher, im *Pancreas* des Rindes von *Wolff*, in der *Thymusdrüse* und der *Schildrüse* von *v. Gorup-Besanez*[3]) nachgewiesen.

In der Niere des Rindes fand *Cloëtta* einen Stoff, welcher seinen Reactionen nach dem Xanthin und Hypoxanthin sehr nahe stand, aber weniger Stickstoff enthielt.

Aus der empirischen Formel dieses Körpers, aus seinen Umwandlungen und seinem Vorkommen, darf wohl geschlossen werden, dass dieser Stoff ein der Harnsäure selbst analoges Umwandlungsproduct stickstoffhaltiger Gewebstheile ist, der vor seiner Ausscheidung durch die Nieren im normalen Zustande durch Oxydation noch weitere Veränderungen zu erleiden, und dabei wohl zuerst in Harnsäure überzugehen pflegt; denn es wird fast in denselben Organen gefunden, in welchen kleine Mengen Harnsäure nachweisbar sind.

Um in einem Organe das Hypoxanthin nachzuweisen, kocht man dasselbe, nachdem es fein zerschnitten und gewiegt oder durch Zusammenreiben mit Glasstückchen noch völlig zerkleinert worden ist, mit Wasser oder presst aus und kocht die erhaltene Flüssigkeit zur Entfernung des Albumins; das Filtrat wird nun mit Barytwasser versetzt, so lange noch ein Niederschlag entsteht; aus der filtrirten Flüssigkeit setzt sich noch kohlensaurer Baryt ab; man concentrirt nun im Wasserbade und fällt mit Schwefelsäure. Alle diese Barytniederschläge enthalten (neben phosphorsaurem, kohlensaurem und schwefelsaurem Baryt) Hypoxanthin; dieses wird aus jenen durch verdünnte Kalilauge ausgezogen und aus dieser Lösung durch Salzsäure oder Kohlensäure zugleich mit Harnsäure niederschlagen. Durch Auflösen in Kali und Fällen der Harnsäure durch Salmiak wird das Hypoxanthin von dieser Säure getrennt; aus der ammoniakalischen Lösung wird das Hypoxanthin durch Kohlensäure präcipitirt. Man kann aber auch nach *Cloëtta's* Verfahren die von Albumin befreite Organflüssigkeit erst mit neutralem essigsauren Bleioxyd fällen, und den aus der filtrirten Flüssigkeit durch basisch essigsaures Bleioxyd erhaltenen Niederschlag durch Schwefelwasserstoff zer-

1) *Scherer*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 73, S. 328—334.
2) Ders., Verh. der physik. med. Ges. zu Würzburg Bd. 2, S. 323 u. 7, S. 123.
3) *v. Gorup-Besanez*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 98, S. 24—25.

Tropfen Aetzkali auf, und fälle sie nach vollendeter Lösung wieder durch Salzsäure, wo sie sich dann gewöhnlich in Form kleiner rhombischer Täfelchen oder schmaler Wetzsteine ausscheiden.

Harnsaures Natron.

Das saure harnsaure Natron kommt im Harn und in andern thierischen Flüssigkeiten meistens aufgelöst vor; aus solchen Lösungen ist gewöhnlich zunächst die Harnsäure theils nach eben angeführten, theils nach noch zu beschreibenden Methoden nachzuweisen, das Natron dagegen auf bekannte Weise zu ermitteln. Das harnsaure Natron findet sich aber auch nicht selten in fester Gestalt, so dass es zunächst durch das Mikroskop diagnosticirt werden kann. Am allerhäufigsten trifft man es in dem gewöhnlichen Harnsedimente an, wie solches nicht blos bei fieberhaften Kranken, sondern auch bei Gesunden unter verschiedenen Verhältnissen aufzutreten pflegt. Dieses Salz erscheint dann immer in amorphen unregelmässigen Körnchen, die selten die halbe Grösse eines menschlichen Blutkörperchens erreichen. Der Eindruck, den sie unter dem Mikroskop machen, ist Fig. 9 unten wiedergegeben worden, wird aber noch weiter bildlich dargestellt werden; hier nur so viel, dass man dieses Sediment von allen andern dadurch leicht unterscheiden kann, dass es beim Erwärmen des Harns bis auf + 40° C. sich sehr leicht auflöst und somit der Harn gewöhnlich vollkommen klar wird.

Künstlich dargestellt z. B. durch Auflösen reiner Harnsäure in einer Lösung von Borax oder gewöhnlichem phosphorsauren Natron oder durch vorsichtigen Zusatz einer Lösung von doppelt kohlensaurem Natron zu einer Lösung von Harnsäure in Aetznatron erhält man dieses Salz ziemlich leicht und in deutlichen, wenn auch immerhin mikroskopischen, Prismen auskrystallisirt. Setzt man einer solchen krystallisirbaren Lösung nur wenige Tropfen normalen Harns oder des alkoholischen Extracts eines solchen zu, so scheidet sich das Biurat nicht mehr krystallinisch, sondern in den obenbezeichneten völlig amorphen Körnchen aus; da weder Zusatz von Harnstoff, noch von harnsaurem Ammoniak oder harnsauren Erden eine solche Umwandlung des krystallisirbaren Salzes in amorphes hervorrufen, so dürfte man in einem sogenannten extractartigen Bestandtheile die Ursache zu suchen haben, weshalb das gewöhnliche ausgeschiedene saure harnsaure Natron sich im Harn amorph zeigt, nicht aber, wie geschehen, von dem nur jeweiligen Gehalte jenes Sediments an harnsaurem Ammoniak oder Erden diese Erscheinung ableiten.

Setzt man allzu concentrirten und erwärmten Lösungen von phosphorsaurem Natron Harnsäure unachtsam zu, so scheidet sich beim Erkalten das harnsaure Natron in unregelmässig kuglichen oder knollenförmigen Massen von $^1/_{300}$ bis $^1/_{90}$''' Dchm. aus, die nichts characteristisches haben [1]).

War die Lösung von phosphorsaurem Natron nicht zu concentrirt und wurde nicht allzuviel Harnsäure zugefügt, so scheidet sich das fragliche Salz oft in sternförmig gruppirten Nädelchen oder in dichten wawellitförmigen, nur wenig durchscheinenden Drusen aus. Diese Formen [2]) dürften im menschlichen Harn wohl nie oder äusserst selten vorkommen.

Eine andre abortive Krystallform des sauren harnsauren Natrons besteht

---

1) Man kann *Robin's* und *Verdeil's* Atlas zum Traité de ch. anatomique Pl. XVII. F. 2 vergleichen.

2) Abgebildet von *Robin* und *Verdeil*, ebendas. F. 3 und von *Funke*, Atlas 2. Aufl. Taf. 7 F. 5.

Dokimasie.

aus länglichen, rissigen, an den Enden mehr oder weniger zugespitzten Plättchen, welche entfernt ähnlich sind manchen geschwänzten, hyalinen Zellen; diese bilden sich zuweilen auch in gährendem Harn (Fig. 9) und kommen auch im diabetischen, wiewohl sehr selten, vor.

Das reine saure harnsaure Natron, sei es künstlich dargestellt oder im Harn oder an anderen Orten des Thierkörpers gebildet (Fig. 9, 10 und 11), krystallisirt in flachen hexagonalen Prismen, deren zwei gegenüberliegende Winkel = 74^0 50′, die dazwischen liegenden vier = 142^0 35′ nach *Gorup's* Bestimmung messen.

In Fig. 9 findet sich zuerst unten mehr nach rechts das amorphe harnsaure Natron dargestellt, wie es gewöhnlich im Harn erscheint; dazwischen liegen in diesem Falle einige Krystalle von oxalsaurem Kalk und rechts über diesem Körnchenhaufwerk ein schlauchartiger, etwas gewundener, scheinbar nur aus hyalinen Körnchen zusammengesetzter Körper. Derselbe ist ein Schleimgerinsel, entsprossen aus einem Bellini'schen Röhrchen der Niere, bedeckt mit kleinen Körnchen des Natronurats; solche Körper finden sich auch im Harn der gesundesten Menschen und sind daher nicht mit den ähnlichen Vorkommnissen bei Nierenaffectionen zu verwechseln. Ist kein harnsaures Natron ausgeschieden, so sind sie noch hyaliner und entgehen oft der Beobachtung, sind aber auch da granulös, vielleicht von kleinen Fettmolecülen.

Harnsaures Natron krystallisirt und amorph in einem alkalescirenden Harn.

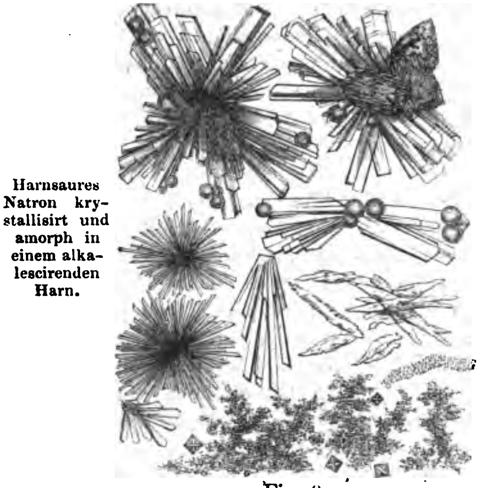


Fig. 9.

Unmittelbar über dem schlauchartigen Körper findet sich eine Gruppe jener zellenartig blättrigen Form von saurem harnsauren Natron.

Der übrige Theil der Figur enthält weder Phantasiekrystalle, noch solche, die künstlich aus reiner Harnsäure u. s. w. dargestellt worden wären, sondern stellt das Sediment eines gegohrenen Harns dar, in welchem die saure Gährung beendet ist und bereits die alkalische begonnen hat; links mehr nach unten sind Gruppen kleinerer Krystalle harnsauren Natrons; in den beiden oberen grössern Gruppen sieht man noch die Rudimente der während der sauren Gährung ausgeschiedenen rhombischen Krystalle freier Harnsäure; dieselben erscheinen rissig, ganz wie in Auflösung begriffene Krystalle; sie bilden noch die Ansatzpunkte für die gelöste und nun wieder an Natron gebundene Harnsäure. Dass diese prismatischen Krystalle nur aus harnsaurem Natron bestanden und nicht etwa harnsaure Magnesia oder gar freie Harnsäure waren, wurde leicht durch die mikrochemische Analyse dargethan. Es ist zugleich aus diesem Beispiele zu schliessen, dass jener extractartige Stoff, von dem oben gesagt ist, dass er die Krystallisation des harnsauren Natrons verhindere, durch die saure Gährung zerstört wird.

Einzelne dieser schönen prismatischen Krystalle sind noch mit concentrisch gestreiften Kugeln besetzt; diese Kugeln sind wahrscheinlich saures

harnsaures Ammoniak; mikrochemisch und makrochemisch lässt sich diess nicht mit Bestimmtheit entscheiden; man könnte dieselben nämlich auch für saures harnsaures Natron halten; allein abgesehen davon, dass in der Harnflüssigkeit sich wirklich Ammoniak vorfand (der Uebergang der sauren Gährung in die alkalische Gährung beruht ja eben in der Bildung von kohlensaurem Ammoniak aus Harnstoff), so pflegt auch das Ammoniaksalz, nicht aber das Natronsalz, solche rein sphärische, concentrisch gestreifte Kugeln zu bilden. Hervorzuheben ist, dass der betreffende Harn noch Lakmus röthete. Solchen Harn und solche mikroskopische Bilder kann man sich aus jedem normalen, nicht allzu verdünnten Harn bei einiger Ausdauer leicht verschaffen. Gesunder Harn verweilt in der sauren Gährung oft 6 und 8 Wochen lang, wobei die durch diese Gährung ausgeschiedenen Harnsäurekrystalle unverändert bleiben; mit einem Male pflegt dann die Ammoniakbildung einzutreten und schnell vorwärtszuschreiten, so dass man sehr oft den Harn exploriren muss, um das Sediment gerade in der bezeichneten Umbildungsperiode zu treffen. In krankhaftem Harn namentlich bei entzündlichen Fiebern folgt die alkalische Gährung der sauren schneller und die Uebergangsperiode ist kürzer; daher in solchen Fällen jene Krystalle harnsauren Natrons nur selten beobachtet werden. Ein Beispiel für diesen schnellen Uebergang liefert Fig. 10.

Dokimasie.

Krystalle von harnsaurem Natron neben Tripelphosphat u. Kalkoxalat eines alkalescirenden, pigmentfreien Harns.



Fig. 10.

Die beigehende Figur stellt das Sediment eines abnormen Harns dar, in welchem die alkalische Gährung bereits weiter vorwärts geschritten ist, als in dem vorigen Falle (Fig. 9). Dieser Harn war bereits ohne Reaction auf Pflanzenfarben, und die Gegenwart der grossen, dicken, zum Theil sargdeckelförmigen Prismen, die aus phosphorsaurem Talkerde-Ammoniak, sog. *Tripelphosphat*, bestehen, beweist, dass der Harn nicht mehr freie Säure enthalte. Neben diesen dicken Tripelphosphatkrystallen und den kleinen, aus oxalsaurem Kalk bestehenden Oktaëdern finden wir hier noch Prismen von saurem harnsauren Natron, sternförmig um einzelne Punkte gruppirt. Diese Prismen erscheinen hier rissig und hie und da getrübt, während sie in demselben Harn vor Abscheidung der Tripelphosphatkrystalle ebenso scharf, glänzend und durchsichtig waren, als die in Fig. 9 verzeichneten. Dieser Harn war kein normaler, sondern von Dr. *Schottin* entleert, als er Abends vorher 5 grm. reine Eichengerbsäure zu sich genommen hatte. *Schottin* hat nämlich hier die interessante Beobachtung gemacht, dass nach Einnahme von Gerbsäure der menschliche Harn allen Pigmentes entbehrt. Solcher Harn scheidet nun auch, wenn er genügend concentrirt entleert wird, das saure harnsaure Natron nicht in den oben erwähnten Körnchen ab, sondern in den ausgebildetsten Prismen; überdiess geht er sehr bald in die alkalische Gährung über. Während dieses Uebergangs wurde das Object zu beigehender Zeichnung gewählt.

Krystalle von harnsaurem Natron in einem Gichtconcrement.


Fig. 11.

Diese Figur stellt das saure harnsaure Natron vor, wie es sich zuweilen in Gichtconcrementen krystallisirt vorfindet; die streifigen verschlungenen Massen sind Bindegewebsfasern. Das fragliche Concrement befand sich am Gelenk des ersten und zweiten Gliedes des Zeigefingers eines 52jährigen Mannes; es war hie und da dem Bindegewebe eine zinnoberrothe Färbung eigen, wobei aber keine Spur amorphen oder krystallinischen Hämatoïdins zu erkennen war.

Das saure harnsaure Ammoniak bildet nie messbare Krystalle. Bei der künstlichen Darstellung z. B. aus alkalischer Harnsäurelösung erhält man es oft in wawellitförmigen Drusen, Sternchen, Büscheln u. s. w., die von denen des harnsauren Natrons kaum zu unterscheiden sind[1]). In alkalischem Harn dagegen kommen sie gewöhnlich in dunkeln, fast schwarz erscheinenden kuglichen Massen vor. Diese sind theils rein sphärisch und concentrisch gestreift, theils zeigen sie bei scharfem Betrachten hie und da feine Spitzen, ähnlich den Früchten der Rosskastanie, theils sind sie mit gröberen, hakenförmigen Ausläufern besetzt, wie zum Theil in Fig. 12.

Will man etwa mikrochemisch saures harnsaures Ammoniak von dem entsprechenden Natronsalze unterscheiden, so geschieht das sehr leicht; man spült einen Theil des fraglichen Sedimentes wiederholt mit Wasser ab, bringt davon etwas auf den Objectträger, befeuchtet es mit einem Tropfen nicht allzu verdünnter Salzsäure, lässt etwas verdunsten (natürlich nicht unter der Objectivlinse des Mikroskops), bringt dann das Object, mit dem Deckplättchen bedeckt, unter das Mikroskop, und man wird neben den rhombischen, äusserst dünnen Harnsäuretafeln entweder Kochsalzwürfel oder Salmiakefflorescenzen wahrnehmen.

Krystalle von phosphorsaurem Talkerde-Ammoniak sind mikrochemisch auch leicht von denen des harnsauren Natrons zu unterscheiden; ersteres löst sich leicht selbst in verdünnter Essigsäure, während die Krystalle des harnsauren Natrons dadurch nur sehr allmälig angegriffen werden, um später rhombische Plättchen von Harnsäure auszuscheiden.

Krystalle von harnsaurem Ammoniak, Tripelphosphat u. oxalsaurem Kalk.


Fig. 12.

Man sieht hier zunächst die eben beschriebenen Formen des später sich aus alkalescirendem Harne ausscheidenden sauren harnsauren Ammoniaks. Die obern Haufwerke feinerer haarförmiger Nadeln waren in einem alkalisch ausgeschiedenen Harne bei Blasenlähmung befindlich. Die übrigen stammen von langsam alkalisch gewordenem Harne; neben diesen fanden sich, wie diese Figur lehrt, einige grosse dicke Tripelphosphatkrystalle so wie einige Oktaeder von oxalsaurem Kalk; die kleinen hyalinen Kugeln sind Harnferment, aus dem Harnschleime sich bil-

1) Sie sind von *Funke*, Taf. 7 F. 6 u. v. *Robin* u. *Verdeil*, Pl. XVIII. F. 1 abgebildet.

dend, und die etwas gewundenen perlschnurförmigen Massen sogenannte Vibrionen, wie sie sich so häufig in alkalescirenden Flüssigkeiten vorfinden.

Dokimasie.

In andern thierischen Flüssigkeiten und selbst im menschlichen Harn kommen zuweilen so geringe Mengen Harnsäure vor, dass man zu ihrer Erkenntniss noch andre Wege als die angeführten einschlagen muss. Man hat sich dabei zu erinnern, dass die Harnsäure sowohl als ihre Salze in starkem Alkohol unlöslich sind; man bedient sich daher desselben, um zunächst alle hierin löslichen Materien zu entfernen. Man dampft zu dem Zwecke wie gewöhnlich die vom Albumin befreite oder besser nicht erst befreite Flüssigkeit zur Trockniss ab, extrahirt den Rückstand mit Alkohol, und behandelt das darin Unlösliche mit heissem Wasser, wenn die Flüssigkeit alkalisch oder neutral war, mit sehr verdünnter Kalilauge aber, wenn sie sauer war; beim Verdunsten des wässrigen Extracts bilden sich meist Häute auf der Oberfläche der Flüssigkeit, die entfernt werden müssen; hat man den wässrigen Auszug bis auf ein sehr kleines Volumen concentrirt, so setze man Essigsäure im Ueberschuss zu; die Harnsäure scheidet sich alsdann, namentlich wenn deren Menge gering ist, sehr allmälig aus, mit ihr aber, wenn man unterlassen hat die Essigsäure in grossem Ueberschuss zuzusetzen, noch etwas Proteïnsubstanz, von deren Gegenwart unter den Harnsäurekrystallen man sich leicht durch das Mikroskop überzeugen kann.

Eine sehr empfehlenswerthe Methode, geringe Mengen Harnsäure in Organflüssigkeiten nachzuweisen, ist von *Städeler* angewendet worden. Die albuminösen Stoffe werden zuvörderst durch Erhitzen coagulirt und durch Filtriren entfernt; man fügt neutrales essigsaures Bleioxyd zu, durch welches die Harnsäure nicht gefällt wird; nachdem der durch dasselbe entstandene Niederschlag entfernt worden ist, fügt man zur filtrirten Flüssigkeit basisch essigsaures Bleioxyd, durch welches nach etwa 24 St. die Harnsäure an Bleioxyd gebunden vollständig ausgeschieden wird. Dieser letztre Niederschlag wird in Wasser vertheilt und durch Schwefelwasserstoff die Bleisalze zerlegt; beim Verdunsten der filtrirten Flüssigkeit scheidet sich die Harnsäure in bekannten Formen, sehr oft in den oben erwähnten sechsseitigen Tafeln aus, die man leicht mit Cystin verwechseln könnte, wenn nicht das Verhalten beider Stoffe gegen Reagentien so verschieden wäre.

H. Schiff[1]) hat jüngst eine an sich recht brauchbare Methode zur Erkennung sehr kleiner Mengen von Harnsäure empfohlen; sie beruht nämlich darauf, dass Harnsäure kohlensaures Silber schon in der Kälte sogleich reducirt und demnach das weisse Silbercarbonat grau färbt. Diese Reaction ist in der That sehr empfindlich; allein abgesehen davon, dass die so sehr augenfällige Murexidreaction, richtig ausgeführt, nicht leicht mit der Reaction des Tyrosins, Hypoxanthins oder gar albuminöser Körper gegen Salpetersäure verwechselt werden kann, vermag man ja durch das Mikroskop selbst in sehr gemengten Stoffen noch solche Mengen Harnsäure aufzufinden, bei denen uns das empfindlichste chemische Reagenz im Stich lässt.

Dass die Harnsäure aus alkalischen und namentlich weinsäurehaltigen Kupferoxydlösungen das Oxyd zu Oxydul reducirt, wird unter »Zucker« und »Harn« berührt werden.

Das Xanthin, $C_{10}H_4N_4O_4$, steht der Harnsäure nur insofern nahe, als es seiner empirischen Zusammensetzung nach als eine niedri-

1) *H. Schiff*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 109, S. 65—71.

Xanthin.

gere Oxydationsstufe des stickstoffhaltigen Harnsäureradicals betrachtet werden kann. Dieser Körper kommt nur sehr selten in Harnconcrementen vor, findet sich aber auch obwohl in sehr geringen Mengen im normalen menschlichen Harn. *Scherer*[1]) und *A. Strecker*[2]) haben ihn in diesem nachgewiesen; der erstere aber auch in dem Gehirn, der Milz, dem Pankreas, der Leber des Rindes, der Thymusdrüse des Kalbes im Muskelfleische des Pferdes, Rindes und der Fische, so wie in der Leber bei acuter gelber Leberatrophie, *Thudichum*[3]) als constanten Bestandtheil der menschlichen Leber. Eine physiologische Beziehung zwischen Xanthin und Harnsäure dürfte vielleicht aus dem gleichzeitigen Vorkommen beider Stoffe in der Milz, Leber und Gehirn (abgesehen vom Harn) zu erschliessen sein. Dagegen liegen die physiologischen Beziehungen zwischen dem Xanthin und Hypoxanthin viel klarer vor Augen; denn nicht nur, dass das Xanthin (nach *Scherer*) immer von grössern oder geringern Mengen Hypoxanthin begleitet vorkommt, hat *A. Strecker*[4]) die schöne Beobachtung gemacht, dass das Hypoxanthin in ein Nitroproduct verwandelt werden kann, aus welchem durch Reductionsmittel Xanthin erzeugt wird. Somit liegt der Gedanke näher, (als bei dem Verhältniss zwischen Harnsäure und Xanthin), dass Xanthin eine höhere Oxydationsstufe des Hypoxanthins ($C_{10}H_4H_4O_2$) sei. Es ist also das Xanthin als ein Product der regressiven Stoffmetamorphose, der Umwandlung stickstoffhaltiger Gewebstheile oder Nährstoffe, zu betrachten, welche beim normalen Ablauf der thierischen Functionen weiter oxydirt theils als Harnsäure, theils als Harnstoff und andre stickstoffhaltige Materien im Harn erscheinen.

Physiologische Bedeutung.

Dokimasie.

Um das Xanthin im Harn oder andern thierischen Flüssigkeiten nachzuweisen, dürfte nach unserer jetzigen Kenntniss dieses Körpers wohl folgende Methode die beste sein. Harn oder andere thierische Flüssigkeiten, nachdem aus ihnen durch Coagulation die albuminösen Bestandtheile entfernt sind, werden zur Entfernung der Schwefelsäure und Phosphorsäure mit Barytwasser versetzt, so lange noch ein Niederschlag entsteht. Die filtrirte Flüssigkeit wird im Wasserbade verdunstet bis zum Syrup, aus welchem beim Stehen viel krystallisirbare Stoffe sich ausscheiden; die sorgfältig von den Krystallen getrennte Mutterlauge kann man nach der Verdünnung mit Wasser, so wie *Strecker* empfiehlt, mit essigsaurem Kupferoxyd zum Kochen erhitzen. Der flockige, meist grünlich braune Niederschlag ist, nachdem er gehörig mit siedendem Wasser ausgewaschen, in warmer Salpetersäure zu lösen und mit salpetersaurem Silberoxyd zu fällen. Die nach dem Erkalten ausgeschiedene Silberverbindung wird zur Entfernung etwa mit ausgeschiedenen Chlorsilbers nochmals in warmer Salpetersäure gelöst und heiss filtrirt; aus der erkaltenden Flüssigkeit scheidet sich eine Verbindung von Xanthin mit salpetersaurem Silberoxyd krystallinisch ab. Diese digerirt man mit einer

---

1) *Scherer*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 107, S. 314.
2) *Strecker*, ebendas. Bd. 108, S. 151.
3) *L. W. Thudichum*, Med. Times and Gaz., Dec. 4, 1858.
4) *Strecker*, a. a. O. S. 141—156.

ammoniakalischen Silberlösung, wobei das von *Strecker* entdeckte in Ammoniak unlösliche Xanthinsilberoxyd ($C_{10}H_4N_4O_4.2AgO$) sich abscheidet. Um die weitern Eigenschaften des Xanthins zu ermitteln, zersetzt man den mit Wasser angerührten Niederschlag mit Schwefelwasserstoff und filtrirt das Schwefelsilber heiss ab, süsst auch noch mit heissem Wasser aus. Die filtrirte Flüssigkeit scheidet zum Theil beim Erkalten, zum Theil bei weiterem Concentriren das Xanthin in gelblichen Flocken ab.

Dokimasie.

Das Xanthin wird aus wässriger Lösung durch Quecksilberchlorid so wie durch salpetersaures Silberoxyd gefällt; letztrer Niederschlag ist, wie oben berührt, in Ammoniak unlöslich; essigsaures Kupferoxyd giebt damit nur beim Kochen eine Fällung. Die ammoniakalische Lösung des Xanthins wird durch Chlorzink, essigsaures Bleioxyd, Kohlensäure, Salzsäure und andere Säuren gefällt, durch Säuren überhaupt auch aus seinen Lösungen in ätzenden fixen Alkalien. In Salpetersäure löst sich das Xanthin ohne Gasentwicklung, beim Eindampfen hinterlässt es einen gelben Rückstand, der durch Ammoniak nicht purpurfarben, durch Kali aber gelbroth und beim Erwärmen violettröthlich wird. Ausserdem unterscheidet es sich von der Harnsäure theils durch seine Löslichkeit in Ammoniak, theils dadurch, dass seine Kalilösung Eisenoxydsalze schwärzt und Silberoxydsalze reducirt.

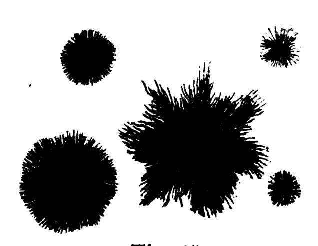


Fig. 13.

Salpeters. Xanthin-Silberoxydkrystalle.

Die oben erwähnte Verbindung von Xanthin mit salpetersaurem Silberoxyd besitzt im Ganzen keine grosse Neigung zum Krystallisiren; nur wenn das Xanthin schon ziemlich rein dargestellt war und man die saure Lösung langsam erkalten lässt, erhält man die hier bezeichneten krystallinischen Formen. Gewinnt man indessen, nachdem man vorher eine in Ammoniak unlösliche Silberverbindung dargestellt und diese in heisser verdünnter Salpetersäure gelöst hatte, beim Erkalten oder allmäligen Verdunsten diese Formen, so ist an der Gegenwart von Xanthin kaum zu zweifeln.

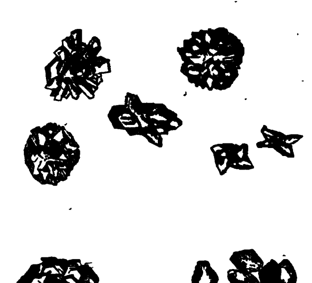


Fig. 14.

Salpetersaures Xanthin.

Mit dem Hypoxanthin und Guanin, dem Xanthin sehr ähnlichen Körpern, ist aber eine Verwechslung gar nicht möglich, sobald man das salpetersaure Salz darstellt. Dasselbe erhält man leicht aus der eben beschriebenen Verbindung mit salpetersaurem Silberoxyd durch Zerlegung mittelst Schwefelwasserstoff und Abdampfen (oft nützt noch ein Zusatz von Salpetersäure) oder durch unmittelbares Auflösen von aus der Kupferverbindung dargestelltem Xanthin in Salpetersäure und gelindes Verdampfen; man erhält dann die in der obern Hälfte von Fig. 14 verzeichneten, ziemlich eigenthümlichen aus rhombischen Tafeln und Prismen componirten Drusen von salpetersaurem Xanthin.

Salzsaures Xanthin.

Weit characteristischere Formen bildet

dagegen das salzsaure Salz. Dieses Salz krystallisirt, selbst wenn es aus sehr unreinem Xanthin und Salzsäure dargestellt worden ist, in sechsseitigen glänzenden (natürlich nur mikroskopisch erkennbaren) Tafeln, wie sie in der untern Hälfte von Fig. 14 dargestellt sind; sehr häufig trifft man auch auf solche vasenförmige Krystallgruppen, wie eine in der Mitte des untern Theils der Fig. 14 dargestellt ist. In den rechts über der grössern Gruppe dargestellten Aggregaten erkennt man noch den Typus der ausgebildeteren Krystalle. Die von *Strocker* nachgewiesene Identität des aus dem Guanin durch Salpetersäure erzeugten und des aus dem Harn dargestellten Xanthins lässt sich leicht durch die mikrochemischen Reactionen bestätigen; so sind auf Fig. 14 die zur rechten befindlichen Krystallgruppen Abbildungen des aus Guanin und die links des aus Harn dargestellten Xanthins.

Das Hypoxanthin, $C_{10}H_4N_4O_2$, wurde von *Scherer*[1]) entdeckt und mit dem später von *Strecker*[2]) entdeckten *Sarkin* für identisch erkannt. Dieser Körper, wie es scheint, ein steter Begleiter des Xanthins, findet sich nach den Beobachtungen genannter Forscher nicht nur im Harn, sondern fast in allen thierischen Flüssigkeiten, namentlich im Blute, im Muskelfleische der Säugethiere und Fische, im Safte der Milz, der Niere, der Leber, dem Pancreas, der Thymus- und Schilddrüse (*v. Gorup-Besanez*) und im Hirn. Wird dieser Stoff mit Salpetersäure behandelt, so erhält man nach *Strecker* ein Nitroproduct, welches durch Reductionsmittel nicht wieder in Hypoxanthin, sondern in Xanthin umgewandelt wird. Die nahe Verwandtschaft, in der beide Körper zu einander stehen, tritt also auch noch hierdurch zu Tage, und es ist nach dem allem wohl als höchst wahrscheinlich anzunehmen, dass das Hypoxanthin, welches namentlich unter pathologischen Verhältnissen in grössern Mengen gefunden worden ist, im normalen Zustande des lebenden Organismus grösstentheils in Xanthin und dieses in Harnsäure übergehe, wenn diese nicht, weiter oxydirt, noch zu andern Umwandlungsproducten, wie wir sie im Harn finden, Veranlassung giebt.

Physiologische Bedeutung.

Dokimasie.

Um in einer Flüssigkeit oder in einem Organe Hypoxanthin nachzuweisen, wird jene oder der wässrige Auszug des letzteren nach Entfernung des Albumins durch Kochen und der Phosphate durch Barytwasser genau so behandelt, wie oben zum Nachweis des Xanthins angeführt ist; der durch essigsaures Kupferoxyd beim Kochen erhaltene Niederschlag enthält neben dem Xanthin, wenn solches vorhanden, gleichzeitig auch das Hypoxanthin. In den durch Barytwasser ausgeschiedenen Phosphaten pflegt auch noch etwas Hypoxanthin enthalten zu sein, welches man aus jenem Präcipitate mit etwas ammoniakhaltigem Wasser ausziehen und dann ebenfalls durch essigsaures Kupferoxyd kochend fällen kann. Man kann nun diesen Niederschlag entweder gerade so, wie beim Xanthin angegeben, in warmer Salpetersäure lösen, mit salpetersaurem Silberoxyd fällen und so fort verfahren, oder ihn mit einer nicht zu geringen Menge Wasser anrühren und durch Schwefelwasserstoff zersetzen; aus der filtrirten Flüssigkeit (die übri-

1) *Scherer*, Ann. der Ch. und Pharm. Bd. 73, S. 328—334 und Bd. 107, S. 314.
2) *Strecker*, ebend. Bd. 102, S. 204—209 und Bd. 108, S. 129—140.

gens noch durch Digestion mit Bleioxyd und nachheriges Ausfällen des gelösten Bleis mittelst Schwefelwasserstoff völlig entfärbt werden kann) setzen sich beim Verdunsten Xanthin und Hypoxanthin meist gemengt ab. Das wegen seiner Schwerlöslichkeit in Wasser zum Theil im Schwefelmetall zurückgebliebene Xanthin und Hypoxanthin ist aus diesem leicht durch etwas ammoniakhaltiges Wasser auszuziehen. Setzt man zu der Lösung beider Körper salpetersaures Silberoxyd, so geben sie beide damit einen nur in heisser Salpetersäure löslichen Niederschlag; die Verbindung von salpetersaurem Silberoxyd mit Hypoxanthin setzt sich aber beim Erkalten viel früher ab, als die ähnliche mit Xanthin; bei Gegenwart von viel Salpetersäure würde sich das letztre sogar erst nach mehrern Tagen theilweise ausscheiden, so dass man hierin vorläufig noch die beste Trennungsmethode beider Stoffe besitzt. Die Hypoxanthinverbindung scheidet sich in sehr kleinen farblosen Krystallschuppen ab, die unter dem Mikroskop die in Fig. 15 abgebildeten Krystallformen bilden; die Xanthinverbindung dagegen in wawellitförmigen Massen, die unter dem Mikroskop das oben in Fig. 13 bezeichnete Gewirr feiner Nadeln zeigen.

Dokimasie.

Auch in den meisten andern Reactionen sind die genannten beiden Körper einander ausserordentlich ähnlich; denn nicht nur gegen salpetersaures Silberoxyd, gegen Silberoxyd-Ammoniak, essigsaures Kupferoxyd und Quecksilberchlorid, gegen Chlorzink, Chlorcadmium unter Zusatz von Ammoniak (wodurch beide gefällt werden, während neutrales und basisch essigsaures Bleioxyd keine Reaction giebt) verhalten sie sich fast völlig gleich, sondern auch rücksichtlich ihrer Löslichkeit in Ammoniak und fixen Alkalien, aus welchen Lösungen sie durch stärkere Säuren und auch durch Kohlensäure gefällt werden.

Das Xanthin ist nicht krystallisirbar, während das Hypoxanthin wenigstens unter dem Mikroskop feine Nädelchen erkennen lässt. Das Xanthin bildet zwar mit Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure krystallinische Verbindungen, allein im Ganzen etwas schwieriger als das Hypoxanthin, welches letztere überdiess mit denselben Säuren viel grössere und zum Theil mit unbewaffnetem Auge erkennbare Krystalle zu erzeugen vermag.

In kochender Salpetersäure löst sich das Hypoxanthin gleich der Harnsäure unter Gasentwicklung auf (was beim Xanthin nicht der Fall); wird diese Lösung zur Trockniss verdampft, so bleibt ein gelber Rückstand, welcher mit Aetzkali sich in der Kälte rothgelb, beim Erwärmen aber lebhaft purpurroth färbt.

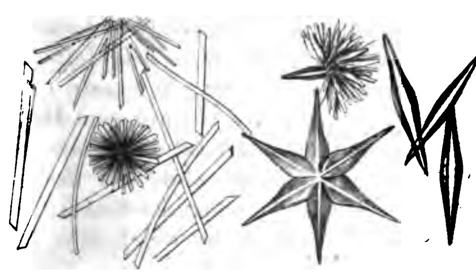


Fig. 15.

Krystalle von salpetersaurem Hypoxanthin-Silberoxyd.

Die Verbindung des Hypoxanthins mit salpetersaurem Silberoxyd scheidet sich aus der warmen Lösung beim Erkalten gewöhnlich als weisses, krystallinisches Sediment aus, welches unter dem Mikroskop zum Theil einzelne lange prismatische Krystalle darstellt, so wie sie die linke Hälfte von Fig. 15 zeigt. Lässt man dagegen die Lösung langsam z. B. auf einem Uhrglase verdunsten, so bilden sich jene grossen spindelför-

Dokimasie. migen, oft zu sechsstrahligen Sternen gruppirte Krystalle, Formen, durch welche sich dasselbe vom Xanthin wie vom Guanin sattsam unterscheidet. Indessen ist gerade bei Gegenwart nur sehr kleiner Mengen die Darstellung des salpetersauren und salzsauren Salzes sehr empfehlenswerth, da diese wiederum sehr characteristische Krystallformen zeigen. Dieselben sind auf Fig. 16 dargestellt. Die obere Hälfte dieser Figur zeigt die Formen der salpetersauren Verbindung. Schnell aus der Lösung durch Verdampfen ausgeschieden, bilden sich die kleinen, gestreiften rhomboidalen Plättchen; bei langsamerm Verdunsten entstehen Drusen schief zugespitzter flacher Prismen, diese aber im Ganzen seltner als solche Drusen, wie rechts oben, aus mehr spindelförmigen Krystallen zusammengesetzt. Gewöhnlich entstehen aber bei langsamem Verdunsten die kleinern gurkenkernförmigen, in der Mitte hellgestreiften Krystalle neben den grössern, dunkelquergestreiften, bergkrystallähnlichen Formen. Diese gröbern Krystalle sind so characteristisch, dass das Hypoxanthin mit keinem andern Körper verwechselt werden kann. Minder characteristisch, wie wohl immer eigenthümlich sind die Formen des salzsauren Hypoxanthins, welche die untere Hälfte von Fig. 16 einnehmen. Diese Krystalle, die oft mit unbewaffnetem Auge schon erkennbar sind, bilden theils Drusen vierseitiger, gebogener, von krummen Flächen eingeschlossener Prismen, theils gröbere, unregelmässige, zwillingsartig zusammengelagerte, stark schattirte Prismen.

Krystalle von salpetersaurem Hypoxanthin und von salzsaurem Hypoxanthin.

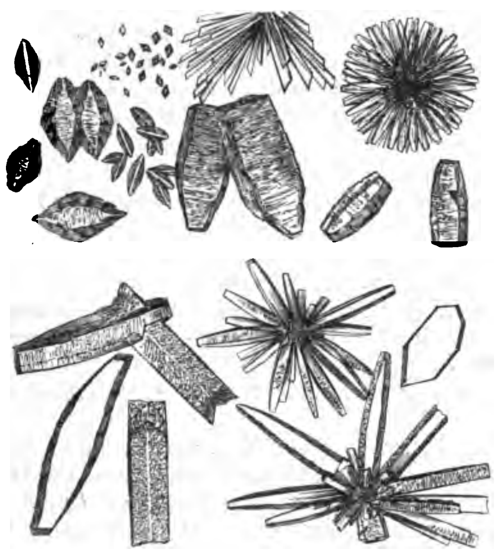


Fig. 16.

Physiologisches Verhalten. Das Guanin, $C_{10}H_5N_5O_2$, wurde von *Unger*[1]) im Guano entdeckt, von *Will* und *v. Gorup-Besanez*[2]) in den Spinnenexcrementen vorgefunden, seine Anwesenheit auch im grünen Organe des Flusskrebses, im Bojanus'schen Organe der Teichmuschel und in den Malpighi'schen Organen der Insecten wahrscheinlich gemacht. Wie man sieht, unterscheidet sich der Zusammensetzung nach das Guanin vom Hypoxanthin nur durch HN; von der Idee ausgehend, dass das Verhältniss des erstern zu letzteren etwa wie das der Benzaminsäure zur Benzoesäure sei ($C_{14}H_7NO_4 : C_{14}H_6O_4$), behandelte *Strecker* das Guanin mit Salpetersäure und erhielt daraus ein Nitroproduct, aus welchem er (wie

1) *Unger*, Ann. der Ch. u. Pharm. Bd. 59, S. 58—73.
2) *Will* und *v. Gorup-Besanez*, Münchn. Gel. Anz. 1848, S. 825.

aus dem entsprechenden des Hypoxanthins) Xanthin erhielt (demnach $C_{10}H_5N_5O_2 - HN + 2O = C_{10}H_4N_4O_4$). Die nahe chemische Beziehung zwischen dem Guanin und den eben vorherbehandelten Stoffen dürfte somit nachgewiesen sein. Da auch das physiologische Vorkommen dieses Stoffs ihn als eine mehr excretive Materie characterisirt, so dürfte er eben nur als eine neue Stufe in unserer Erkenntnis der regressiven Stoffmetamorphose zu betrachten sein.

Nach *G. Kerner's* Versuchen [1]) lieferte das Guanin bei der Behandlung mit übermangansaurem Kali neben andern Zersetzungsproducten auch Harnstoff; nachdem derselbe Kaninchen Guanin in den Magen eingeführt hatte, fand er die Menge des durch den Harn ausgeschiedenen Harnstoffs vermehrt.


Dokimasie.

Zur Erkennung des Guanins digerirt man die vorher mit Aether, Alkohol und Wasser extrahirte Substanz entweder unmittelbar mit nicht allzu verdünnter Salzsäure oder man löst zunächst das Guanin in verdünnter Kalilauge oder Kalkwasser und fällt durch Neutralisation mittelst Salzsäure: dieser Niederschlag wird in warmer concentrirter Salzsäure gelöst; vorsichtiger Zusatz von Wasser oder etwas Concentriren und Erkaltenlassen bedingt die Abscheidung des salzsauren Guanins in schief zugespitzten Nadeln oder langen parallelepipedischen Tafeln, überhaupt in Formen des klinorhombischen Systems (s. Fig. 17). Diese Krystalle sind meist gelb gefärbt; durch wiederholte Zersetzung mittelst Ammoniak (wodurch sich das Guanin amorph ausscheidet) und Wiederauflösen in heisser Salzsäure, besser noch durch Binden an Quecksilberchlorid und Zersetzen der in heisser Salzsäure gelösten Verbindung mittelst Schwefelwasserstoff können die Krystalle des salzsauren Guanins farblos erhalten werden.

Krystallformen des salzsauren Guanins.

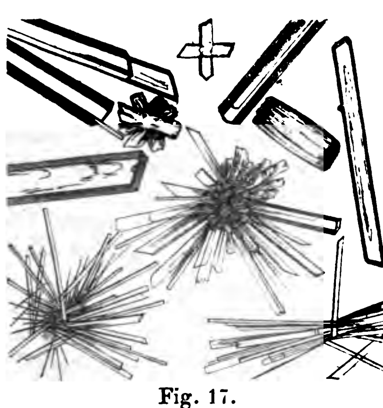


Fig. 17.

Weit characteristischer, als das salzsaure Salz, sind für das Guanin seine Verbindungen mit Salpetersäure, was bisher nicht genug hervorgehoben worden ist. Löst man nämlich Guanin unter Erwärmen in mässig concentrirter Salpetersäure auf, so wird eine so bedeutende Menge desselben aufgenommen, dass beim Erkalten die ganze Flüssigkeit zu einem Krystallbrei erstarrt. Dieser Krystallbrei hat einen Stich ins Gelbe und zeigt unter dem Mikroskop die in Fig. 18 verzeichneten prismatischen Krystalle. Lässt man den Krystallbrei an der Luft liegen, so verwandelt er sich in ein weisses, körniges Pulver; betrachtet man dieses unter dem Mikroskop oder lässt man ein mikroskopisches Präparat jener prismatischen Krystalle eintrocknen, so verwandeln sich unter Verdunstung der freien Salpetersäure d. h. der Säure des sauren Salzes sichtlich die prismatischen Krystalle in dicke rhombische Prismen. Diese Eigenschaft des salpetersauren Guanins theilt weder die salpetersaure Ver-

1) *G. Kerner*, Ann. der Ch. u. Pharm. Bd. 103, S. 249—268.

Dokimasie. bindung des Xanthins, noch des Hypoxanthins noch des neben dem Guanin im Guano enthaltenen ähnlichen Stoffes.

Krystallformen des salpetersauren Guanins.

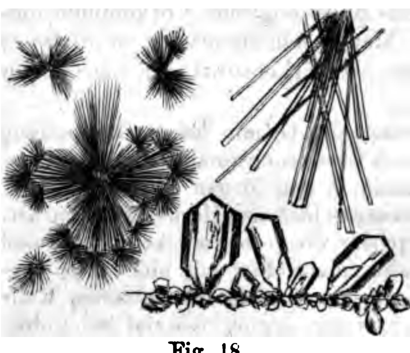


Fig. 18.

Auf der linken Seite der Figur sind die sternförmigen Gruppen feiner Nadeln, welche sich aus gesättigten heissen salpetersauren Lösungen gewöhnlich ausscheiden; den grössern Gruppen pflegen kleinere Büschel solcher Nadeln aufzusitzen. Ist die heisse Lösung etwas verdünnter, so scheiden sich grössere Nadeln oder Prismen mit schiefer Zuspitzung aus, wie erst oben rechts in dieser Figur. Die Gruppe gröberer wahrscheinlich rhombischer Krystalle sind die eben erwähnten durch Umwandlung der vorigen beim Eintrocknen entstandenen. Diese Umwandlung lässt sich unter dem Mikroskop sehr schön verfolgen, und gleicht ganz der Umwandlung des orangefarbenen Chlorisatin-Bleioxyds in die scharlachrothe, krystallinische Modification.

Besondere chemische Reactionen. Gleich dem Hypoxanthin wird das Guanin aus alkalischen Lösungen durch Kohlensäure und andre Säuren gefällt, in überschüssiger Säure aber (ausser in Essigsäure und Ameisensäure) leicht wieder aufgelöst.

Mit concentrirter Salpetersäure verdunstet hinterlässt es, ganz wie Xanthin und Hypoxanthin, einen citronengelben Rückstand, der sich in Alkalien mit rothbräunlicher Farbe auflöst.

Aehnliche Stoffe. *Scherer* kündigt an, im Pankreas Guanin gefunden zu haben, *Städeler* hat schon vor einiger Zeit auf einen in den verschiedensten Organen vorkommenden xanthinähnlichen Körper aufmerksam gemacht; *Strecker* bemerkt neben dem Guanin im Guano einen ähnlichen Körper gefunden zu haben. Der letztere ist vielleicht mit dem hier im Guano entdeckten Stoffe identisch, welcher isolirt der Kynurensäure sehr ähnliche Krystalle bildet, sich mit Säuren schwerer als alle ähnlichen Stoffe vereinigt, und erhalten wird, wenn der vom Guanin nach gewöhnlicher Methode befreite Guano mit verdünnter Kalilauge digerirt, das Filtrat durch Salmiak von Harnsäure befreit und heiss filtrirt wird. Ist nicht zu viel freies Ammoniak in der Flüssigkeit, so scheidet sich dieser Stoff in Prismen ab, an deren Enden wirtelförmig kleinere Prismen sich ansetzen. Es geht aus dem allen hervor, welche Wichtigkeit alle diese Stoffe noch für die Physiologie zu erlangen versprechen.

Inosinsäure. Die Inosinsäure, $C_{10}H_6N_2O_{10}.HO$, von *Liebig*[1]) in der Fleischflüssigkeit entdeckt, hat, da sie chemisch noch sehr wenig erforscht ist, auch bis jetzt ausser im Fleische noch nirgends aufgefunden, für die Physiologie so wenig Interesse erlangt, dass ihre Erwähnung gnügt. *Liebig* machte darauf aufmerksam, dass man sie aus 1 At. Essigsäure ($C_4H_3O_3$), 1 At. Oxalsäure ($C_4\,O_6$) und 1 At. Harnstoff ($C_2\,H_4\,N_2\,O_2$) zusammengesetzt betrachten könne.

1) *Liebig*, Ann. der Ch. und Pharm. Bd. 62, S. 325—335.

Kynurensäure.

Die Kynurensäure ($C_{16}H_7NO_5$?) von *Liebig*[1]) im Hundeharn entdeckt, hat bis jetzt für die Physiologie noch keine besondere Bedeutung erlangt, allein da sie muthmasslich auch im Harn andrer Thiere und namentlich auch des Menschen vorkommt, verdient sie hier wenigstens in dokimastischer Beziehung einige Berücksichtigung.

Dokimasie.

Um sie im Harn aufzusuchen, würde man denselben stark zu concentriren und schwach anzusäuren haben, um das sich dann bildende Sediment gleich dem beim blossen Stehen des Harns erhaltenen weiter zu behandeln. Das eine oder das andere Sediment ist dann mit Kalk- oder Barytwasser zu erwärmen und zu filtriren, die filtrirte Flüssigkeit nicht allzusehr zu verdünnen und dann mit Salzsäure oder Salpetersäure zu fällen. Oefter wiederholten Erfahrungen nach scheiden sich aus dem Kalk- oder Barytsalze durch Salpetersäure schönere Krystalle aus als durch Salzsäure. Die Kynurensäure ist weder mit der Harnsäure noch mit der Hippursäure zu verwechseln, theils wegen des Habitus ihrer Krystallformen, theils wegen ihrer leichten Löslichkeit in concentrirter Salzsäure, theils wegen ihrer Unlöslichkeit in kaltem Alkohol. Kupferoxyd reducirt sie übrigens in alkoholischer Lösung nicht. Mit concentrirter Salpetersäure auf Platinblech oder einem Porzellanschälchen verdunstet, hinterlässt sie eine gelbe Masse, welche sich in Ammoniak und Aetzkali mit citronengelber Farbe auflöst, mit Aetzkali nur angefeuchtet aber einen Stich ins Rothe erhält. Ihre Diagnose geschieht am sichersten durch das Studium ihrer Krystallformen so wie derer ihres Baryt- und Kalksalzes.

Krystallformen der freien Kynurensäure.

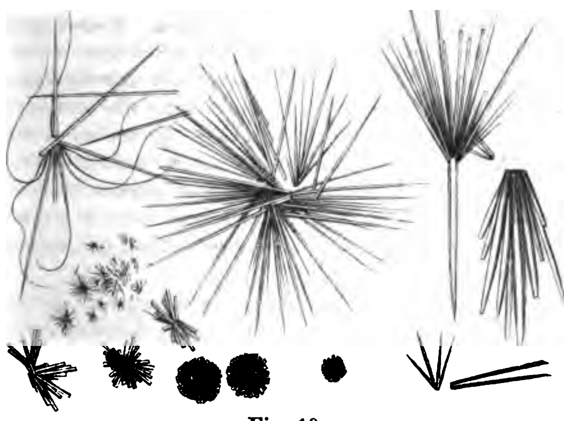


Fig. 19.

Wird die Kynurensäure aus einer concentrirten Lösung in Alkalien, Baryt- oder Kalkwasser durch Säure kalt gefällt, so scheidet sie sich als schneeweisser, käsiger Niederschlag aus, der unter dem Mikroskope in Form solcher feiner, haarförmiger, zum Theil sternförmig gruppirter Nadeln erscheint, wie sie auf Fig. 19 links in der untern Hälfte verzeichnet sind. Fällt man sie aus der vorher erwärmten Lösung, so scheiden sich sehr bald dunkle, runde Krystalldrusen aus, an deren äussersten Kanten nur das krystallinische Gefüge erkennbar ist; aus etwas verdünntern Lösungen bilden sich auch Gruppen von deutlichen Prismen, wie sie Fig. 19 links unten zeigt. Setzt man zu verdünnten Lösungen namentlich des Kalk- oder Barytsalzes, ohne dass erwärmt worden ist, freie Säure, namentlich Salpetersäure, so scheiden sich nach 24 Stunden und oft erst nach noch längerer Zeit glänzende

1) *Liebig*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 86, S. 125 u. Bd. 108, S. 355.

Dokimasie. Krystallflimmer aus, welche unter dem Mikroskop in den grossen Nadelbüscheln der Fig. 19 erscheinen. Aus heisser salpetersaurer Lösung ausgeschieden, bilden sich auch vielfach gebogene, haarförmige Krystalle unter den gewöhnlichen Prismen; jene sind dabei oft mit kleinen, fettglänzenden Bläschen besetzt (Fig. 19 links oben). Werden endlich die durch Salpetersäure ausgeschiedenen kleinen Nadeln längere Zeit in der Salpetersäure stehen gelassen, so bilden sich längere, Fig. 19 rechts nach unten zu angedeutete, Krystalle.

Formen des kynurensauren Baryts.



Fig. 20.

Characteristischere Formen, als die Säure selbst, bilden aber das Baryt- und das Kalksalz. Leider sind aber diese Salze nicht so leicht oder vielmehr so bald krystallisirt zu erhalten, um sie der mikroskopischen Untersuchung zu unterwerfen. Man thut daher wohl, die Kynurensäure in Barytwasser zu lösen, den überschüssigen Baryt an der Luft Kohlensäure anziehen und sich ausscheiden zu lassen und dann zu filtriren (aber ja nicht Kohlensäure durch die Lösung zu leiten, da der kynurensaure Baryt durch die Kohlensäure fast ganz zersetzt werden würde). Man filtrirt am besten in ein Uhrglas und überlässt die Flüssigkeit der Selbstverdunstung; erst nach einigen Tagen wird man meist schon mit blossem Auge die eigenthümlichen, höchst characteristischen, dreiseitigen Tafeln, grossentheils in dicken Gruppen wie über einander geschoben wahrnehmen. Fig. 20 zeigt diese in ihren Winkeln durchaus nicht übereinstimmenden dreieckigen Krystalle. Neben diesen wird man immer die knollenförmigen Massen ausgeschiedenen kohlensauren Baryts (Fig. 20 rechts oben) und haarförmiges Gestrüpp freier Kynurensäure (rechts unten) wahrnehmen.

Zur Herstellung des Kalksalzes in Krystallen muss man ebenso verfahren, wie beim Barytsalze; es krystallisirt noch langsamer, und dann in sternförmig vereinigten vierseitigen Prismen, die zum Theil auch schon mit unbewaffnetem Auge zu erkennen sind.

An die oben betrachteten Stoffe, wie Xanthin, Hypoxanthin, Guanin schliessen sich eine Zahl stickstoffhaltiger, zum Theil schwefelreicher Stoffe an, die, ohne in chemischer Beziehung sich bestimmt characterisirten Gruppen anreihen zu lassen, doch in physiologischer Rücksicht gleich jenen als verschiedene Glieder der retrograden Metamorphose stickstoffhaltiger Gewebe und Nährstoffe betrachtet werden können; nämlich Allantoïn, Cystin und Taurin.

Allantoïn. Das Allantoïn, $C_8H_6N_4O_8$, wurde von *Vauquelin* und *Buvina* in den Flüssigkeiten des Kalbfötus entdeckt, *Lassaigne* bezeichnete es als wesentlichen Bestandtheil des Liquor allantoidis. *Wöhler*[1]) fand, dass der Harn der Kälber neben harnsaurer Talkerde noch so lange Allantoïn enthalte, als dieselben gesäugt oder überhaupt mit Milch

1) *Wöhler*, Nachr. d. k. G. d. W. zu Göttingen 1849 Nr. 5, S. 31—64.

genährt werden. Obgleich es nach der künstlichen Bildungsweise des Allantoïns aus Harnsäure durch Oxydationsmittel nicht unwahrscheinlich ist, dass es wenigstens unter abnormen Verhältnissen im Harn erscheine, so ist sein Vorkommen doch bis jetzt nur von *Frerichs* und *Städeler*[1]) bei Respirationsstörungen und von *Schottin* nach Einnahme grössrer Mengen Gerbsäure wahrscheinlich gemacht worden.

Das Allantoïn steht auf einer der letzten Stufen der thierischen Stoffmetamorphose, scheint jedoch im Organismus Erwachsener unter normalen Verhältnissen entweder gar nicht gebildet oder weiter in Harnstoff und andre Stoffe umgewandelt zu werden.

Mit Bleihyperoxyd digerirt zerfällt, wie früher bemerkt, das Allantoïn in Harnstoff und Oxalsäure, mit Salpetersäure oder Salzsäure gelind erhitzt in Harnstoff und Allantursäure ($C_8H_6N_4O_6 + 2HO = C_2H_4N_2O_2 + C_6H_4N_2O_6$). In einer hefehaltigen Flüssigkeit liefert es nach *Wöhler* ebenfalls Harnstoff neben Kohlensäure, Oxalsäure und Ammoniak. Allantoïn, innerlich genommen, ist in dem Harn als solches nicht wieder aufzufinden, giebt also wohl nur zur Bildung von Harnstoff Veranlassung.

Dokimasie.

Der Nachweis des Allantoïns in thierischen Flüssigkeiten ist nicht leicht, da es nicht nur keine entschiedenen Reactionen zeigt, sondern auch in Wasser und Alkohol weder leicht löslich noch auch völlig unlöslich ist. Verdampft man Allantoisflüssigkeit oder den Harn noch saugender Kälber vorsichtig bis auf ein geringes Volumen, so scheidet sich nach einiger Zeit, oft erst nach einigen Tagen das Allantoïn in Krystallen ab, an deren Formen es allerdings mit einiger Wahrscheinlichkeit erkannt werden kann; allein schon *Wöhler* hat darauf hingewiesen, dass diese Krystalle einen etwas andern Habitus zeigen, als die des gereinigten oder künstlich aus Harnsäure dargestellten Allantoïns. Ja wäre es eben nicht durch frühere Untersuchungen dargethan, dass jene Krystalle der Allantoïsflüssigkeit Allantoïn sind, so würde man aus der Form dieser Krystalle allein keineswegs auf dessen Gegenwart zu schliessen berechtigt sein.



Fig. 21.

Krystallformen d. Allantoïns aus Kälberharn neben Kreatinin, Kreatin, harnsaurer und phosphorsaurer Talkerde.

Das Allantoïn erscheint im concentrirten Kalbsharn in Büscheln von Prismen oder Nadeln, wie die grosse Druse in der Mitte der Figur zeigt. Die dickern, durchsichtigen, kahn- oder wappenförmigen Tafeln (rechts und links unten) sind Kreatinin, die vierseitigen, wie halb gespaltenen Prismen aber Kreatin; erstres kommt constant, letztres nur zuweilen in der Allantoïsflüssigkeit vor. Die würfelförmigen, mit lichtem Kreuz versehenen Krystalle sind oxalsaurer Kalk, die flachen dunkelgestreiften Prismen phosphorsaure Talkerde, die runden dunkeln kuglichen Körper harnsaure Talkerde.

1) *Frerichs* und *Städeler*, *Müller's* Arch. f. Anat. u. Phys. 1854, S. 393—398.

Dokimasie.

Um in dem Harn oder andern thierischen Flüssigkeiten das Allantoïn zu erkennen, darf man sich auf das Erscheinen von Krystallen, die den hier verzeichneten gleichen, durchaus nicht verlassen; meist wird man neben ihnen auf so viel Krystalle andrer Körper stossen, dass diese dadurch völlig verdeckt sind. Man muss das Allantoïn also rein darstellen. Zu dem Zwecke wird der Harn mit Barytwasser und salpetersaurem Baryt zur Entfernung der Phosphate und Sulphate präcipitirt; die filtrirte Flüssigkeit wird durch Kohlensäure vom Ueberschuss zugesetzten Aetzbaryts befreit, hierauf mit salpetersaurem Silberoxyd das Chlor entfernt, filtrirt, im Wasserbade vorsichtig verdunstet, bis sich aus der erkaltenden Flüssigkeit Krystalle abzusetzen anfangen; darauf fügt man nun concentrirte Lösung von salpetersaurem Silberoxyd zu und dann Ammoniak im Ueberschuss; es fällt nun Allantoïn-Silberoxyd mit Harnstoff-Silberoxyd gemengt nieder. Anstatt des salpetersauren Silberoxyds kann man salpetersaures Qecksilberoxyd ganz wie bei der *Liebig*'schen Harnstoffbestimmung anwenden; dieses Verfahren ist viel kürzer, da nicht erst Chlorsilber abzufiltriren ist, allein man erhält kein so reines Präparat. Die gewonnene Silber- oder Quecksilberverbindung ist in Wasser anzurühren und mit Schwefelwasser zu zersetzen. Die von dem Schwefelmetalle abfiltrirte Flüssigkeit ist stark zu concentriren und einige Tage der Krystallisation zu überlassen; zuweilen krystallisirt alles Allantoïn heraus und nur der Harnstoff bleibt in Lösung; ist auch etwas Harnstoff krystallisirt, so lässt derselbe sich durch wenig kalten Alkohol entfernen; die erhaltenen Allantoïnkrystalle können, wenn sie nicht vollkommne Formen darstellen, noch einmal aus heissem Wasser umkrystallisirt werden; man erhält sie dann in den Fig. 22 dargestellten Formen.

Formen reinen Allantoïns, aus Harnsäure dargestellt.

Fig. 22.

Die Krystalle gehören dem monoklinischen Systeme an; sie bilden meist ein rhombisches Prisma mit Abstumpfung der scharfen Seitenkanten und zwei gerade auf diese aufgesetzten, aber verschieden gegen die Hauptachse geneigten Zuschärfungsflächen, von denen die eine am wenigsten von der horizontalen Lage abweichende als Basis, die andre als Abstumpfung der klinodiagonalen Polkanten betrachtet werden kann. *Dauber*[1]). Die vorherrschende Form ist $\infty P . \infty P \infty . 0 P . P \infty$. Die Neigung der Flächen $\infty P : \infty P$, in der Ebene der schiefen Diagonale und der Hauptachse $= 65^0 27'$; $0P : \infty P = 88^0 14'$; $+ P \infty : \infty P = 69^0 17'$. Die Zeichnungen im beigehenden Holzschnitte sind etwas zu dunkel gehalten.

Cystin.

Das Cystin, $C_{12} H_{12} N_2 S_4 O_8$?, wurde von *Wollaston* in einem Harnsteine entdeckt, ist dann später öfter, namentlich in England in Nieren- und Harnblasensteinen gefunden worden. Es kommt auch im

1) *Dauber*, Ann. der Ch. u. Pharm. Bd. 71, S. 68.

Harn als Sediment in sechsseitigen Tafeln vor (*Toel*[1]); dabei ist es auch im Harn aufgelöst und daraus durch Essigsäure fällbar. Von *Cloëtta*[2]) wurde es in der Niere des Rindes und von *Scherer*[3]) in der Leber eines an Typhus verstorbenen Ebriosen gefunden.

Man hat bis jetzt noch nicht ermittelt, an welchen Symptomencomplex oder pathologischen Process das Erscheinen des Cystins im Harn gebunden ist. Aus dem Vorkommen dieses auffallend schwefelreichen Körpers in den Nieren und der Leber dürfte man vielleicht schliessen, dass dieser Stoff gewissermassen einen Durchgangspunkt des Stoffwechsels stickstoffreicher und sehr schwefelhaltiger, thierischer Substrate bilde, so dass derselbe nur unter abnormen Verhältnissen als solcher ausgeschieden werde, unter normalen aber weiter oxydirt und dann als Harnstoff, Kohlensäure, Wasser und Schwefelsäure in die Excretionen übertrete.

Dokimasie.

Das Cystin ist besonders kenntlich an seiner Krystallform; es scheidet sich nämlich aus Harn, in welchem es vorkommt, auf Zusatz von Essigsäure oder ohne solchen, ferner aus der kochenden Kalilösung eines daraus bestehenden Concrements auf Zusatz von Essigsäure beim allmäligen Erkalten oder aus der verdunstenden Lösung in Aetzammoniak in dünnern oder

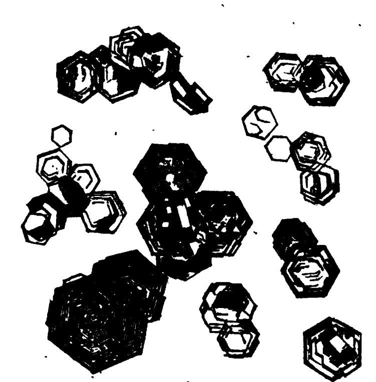
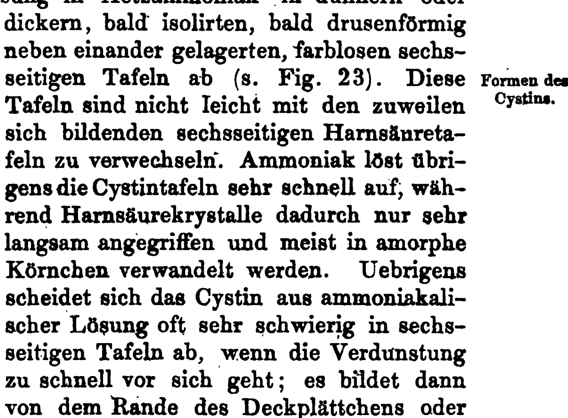


Fig. 23.



dickern, bald isolirten, bald drusenförmig neben einander gelagerten, farblosen sechsseitigen Tafeln ab (s. Fig. 23). Diese Tafeln sind nicht leicht mit den zuweilen sich bildenden sechsseitigen Harnsäuretafeln zu verwechseln. Ammoniak löst übrigens die Cystintafeln sehr schnell auf, während Harnsäurekrystalle dadurch nur sehr langsam angegriffen und meist in amorphe Körnchen verwandelt werden. Uebrigens scheidet sich das Cystin aus ammoniakalischer Lösung oft sehr schwierig in sechsseitigen Tafeln ab, wenn die Verdunstung zu schnell vor sich geht; es bildet dann von dem Rande des Deckplättchens oder der Verdunstungsstelle her äusserst feine Nadeln, die sich zu einem Gewirre einander unter verschiedenen Winkeln berührender Nadelbüschel vereinigen. In solchem Falle ist die Lösung in Aetzkali und Fällung durch Essigsäure aus heisser Lösung vorzuziehen.

Formen des Cystins.

Besondre chemische Reactionen.

Hat man sich durch wiederholtes Auflösen in Kali und Fällen durch Essigsäure ziemlich reines Material verschafft, so kann es an folgenden Eigenschaften leicht weiter constatirt werden. Beim Erhitzen giebt es einen eigenthümlichen widrigen Geruch, den man, einmal empfunden, sehr leicht wieder erkennt; in Mineralsäuren ist es löslich, nicht in organischen Säuren; mit Salpetersäure verdunstet, hinterlässt es einen rothbraunen Rückstand.

---

1) *Toel*, Ann. der Ch. u. Pharm. Bd. 96, S. 247—251.

2) *Cloëtta*, ebendas. Bd. 99, S. 289—305.

3) *Scherer*, Arch. f. pathol. Anat. Bd. 10, S. 228—230.

Sehr gut ist das Cystin von allen andern, ihm einigermassen ähnlichen Körpern nach der Liebig'schen Methode zu unterscheiden; setzt man nämlich zu einer Lösung von Cystin in Aetzkali eine alkalische Bleilösung, so bildet sich Schwefelblei; man muss aber hierbei ziemlich lange kochen (länger als wenn Schwefel in Albuminaten nachgewiesen werden soll), ehe die Flüssigkeit sich dunkler färbt, trübt und endlich schwarzes Schwefelblei abscheidet.

Um in den parenchymatösen Säften thierischer Organe Cystin nachzuweisen, ist der von *Cloëtta* betretene Weg sehr empfehlenswerth. Die auf bekannte Weise aus den Organen ausgezogene, abgepresste und nach dem Kochen von Albumin abgeseihte Flüssigkeit wird mit neutralem essigsauren Bleioxyd gefällt, der Niederschlag abfiltrirt und nun mit basisch essigsaurem Bleioxyd versetzt. Der dadurch entstandene Niederschlag wird sorgfältig ausgewaschen, dann mit Wasser angerührt und durch Schwefelwasserstoff zerlegt. In der filtrirten Flüssigkeit kann Inosit, Harnsäure, Cystin enthalten sein; man concentrirt dieselbe und lässt 24 bis 36 Stunden stehen, worauf sich die Harnsäure abgeschieden haben wird, wenn solche vorhanden. Die weiter concentrirte Flüssigkeit wird mit Alkohol versetzt, worauf sich ein Niederschlag bildet, welcher ausser Cystin: Inosit, Hypoxanthin und andre noch nicht näher untersuchte Materien enthalten kann. Den Niederschlag digerirt man mit wenig Wasser zur Entfernung des Inosits; den Rückstand aber mit kohlensaurem Natron, aus dessen Lösung durch Essigsäure das Cystin ausgeschieden und dann wie oben gereinigt werden kann.

Taurin. Chemischer Werth.

Das Taurin, $C_4H_7NS_2O_6$, ist seiner theoretischen Zusammensetzung nach immer noch nicht genau erkannt, obgleich es *Strecker*[1]) gelungen ist, dasselbe künstlich aus isäthionsaurem Ammoniak durch Erhitzen auf 220° darzustellen ($H_4N\,O.C_4H_5S_2O_7 - 2HO = C_4H_7N\,S_2O_6$). Dieser Körper wurde bekanntlich zuerst als Spaltungsproduct der in der Galle enthaltenen schwefelhaltigen Säure erkannt; man war daher geneigt zu glauben, dass er nur in Folge der Zersetzung dieser Säure in

Vorkommen.

der Galle selbst oder in andern thierischen Flüssigkeiten auftreten könne. So fand ihn *Frerichs* zuerst in den Contentis des untern Theils des Darmcanals und in den festen Excrementen, wo er offenbar als normales Umwandlungsproduct der dem Darme zugeflossenen Galle auftritt. Man fand ihn ferner im Blute, in Transsudaten und im Harne in manchen Fällen von Icterus, wo ebenfalls an einer Zersetzung der ins Blut resorbirten Gallensäure nicht zu zweifeln war. Er ist indessen auch von *Cloëtta*[2]) als normaler Bestandtheil des Lungengewebes und zeitweiliger Bestandtheil der Nieren des Rindes erkannt worden. Von *Städeler* und *Frerichs*[3]) wurde das Taurin in reichlichster Menge im Blute des Hais (*Scyllium caricula*) gefunden, in kleinerer Menge in Leber, Milz und Nieren des Rochen (*Raja Batis* und *clavata*); *Valenciennes* und *Frémy*[4])

1) *Strecker*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 91, S. 97–101.
2) *Cloëtta*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 99, S. 289–305.
3) *Städeler* und *Frerichs*, Journ. f. pr. Ch. Bd. 73, S. 52.
4) *Valenciennes* und *Frémy*, Journ. de Ch. et de Pharm. 3 Sér. T. 28, p. 401–408.

wiesen es in ziemlich grossen Mengen in den Muskeln der Austern und des Tintenfisches nach.

Physiologische Bedeutung.

Es ist anderweit mehr als wahrscheinlich gemacht worden, dass die wesentlichen Bestandtheile der Galle und mit diesen die tauringebende Taurocholsäure erst in der Leber gebildet würden. In der That findet man auch in dem der Leber zufliessenden Blute weit mehr Schwefel (der ein so hervorstechender Bestandtheil im Taurin ist), als in dem aus der Leber abfliessenden Blute; man fand früher Taurin blos da, wo auch zersetzte Gallenbestandtheile gleichzeitig vorkommen, wie im Darmcanale oder in andern Flüssigkeiten bei Icterus. Da aber *Valenciennes* und *Frémy* in den Muskeln der Mollusken verhältnissmässig grosse Mengen Taurin fanden, möchte es scheinen, als ob das Taurin auch aus andern Stoffen als der Taurocholsäure und in andern Organen, als in der Leber, gebildet werde. Indessen ist diese Conjectur noch nicht völlig gerechtfertigt, da wir wissen, dass gerade bei den Mollusken die Leber ihrer relativ bedeutenden Grösse halber auch mehr ihr eigenthümliche Stoffe erzeugen muss. Das Taurin könnte daher auch da, wo es in andern Organen gefunden wird, doch seinen Ursprung aus der Leber ableiten.

Schottin nahm innerhalb 8 Stunden 10 grm. Taurin zu sich; es konnte aber keine Spur davon im Harne wieder erkannt werden. Obgleich sich in den festen Excrementen häufig etwas Taurin nachweisen lässt, so mag es doch, wie andre Gallenbestandtheile im thierischen Organismus unter normalen Verhältnissen noch weiter umgewandelt werden; wie diess im Organismus geschehe, ist um so schwerer einzusehen, als das Taurin selbst sehr starken chemischen Agentien so hartnäckig widersteht.

Dokimasie.

Da das Taurin durch kein Reagens aus seinen Lösungen gefällt wird und da es in Alkohol völlig unlöslich, in Wasser aber leicht löslich ist, so ist bei einiger Uebung in zoochemischen Untersuchungen sein Nachweis selbst bei Gegenwart sehr geringer Mengen nicht eben schwer. Man fällt aus der Flüssigkeit alles, was durch neutrales und basisch essigsaures Bleioxyd fällbar ist, entfernt das überschüssige Blei durch Schwefelwasserstoff und dampft bis zur Trockenheit ein, um zunächst die freie Essigsäure zu entfernen; im Rückstand werden nun immer viel essigsaure Alkalien sein; durch Anwendung starken Alkohols sind diese grossentheils entfernbar; in verdünntem Spiritus würde sich das Taurin mit lösen. Man kann daher auch verdünnten Spiritus anwenden und, wie *Cloëtta*, mit Schwefelsäure die Alkalien fällen, die überschüssige Schwefelsäure durch etwas Barytwasser entfernen (aber nicht zuviel Baryt, weil sich sonst der leicht krystallisirbare essigsaure Baryt bildet), dann abdampfen, in wenig Wasser lösen, um aus diesem durch Selbstverdunstung Taurinkrystalle zu gewinnen. Vortheilhafter noch ist es, die letzterwähnte concentrirte wässrige Lösung mit Alkohol bis zur bleibenden Trübung zu versetzen, gelind zu erwärmen und mehrere Stunden stehen zu lassen, worauf sich die Taurinkrystalle ausscheiden.

Soll durch Vermittlung des Taurins die Taurocholsäure in einer Flüssig-

Dokimasie.

keit nachgewiesen werden, so ist diese zur Trockenheit abzudampfen und der Rückstand mit starkem (absolutem) Alkohol zu extrahiren; Taurocholsäure und deren Salze sind darin löslich; die wässrige Lösung dieses alkoholischen Extracts fällt man nun mit basisch essigsaurem Bleioxyd, süsst den Niederschlag aus, trocknet und extrahirt ihn mit Alkohol, in welchem sich das taurocholsaure Bleioxyd auflöst; die filtrirte Flüssigkeit wird durch Schwefelwasserstoff vom Blei befreit, filtrirt, der Alkohol verdunstet und der Rückstand eine Stunde oder etwas länger mit Salzsäure gekocht, die Lösung von der ausgeschiedenen Materie abfiltrirt, stark concentrirt und mit Alkohol, wie oben, versetzt.

Das Taurin ist an seiner Krystallform leicht zu erkennen, sobald die erwähnten chemischen Operationen vorangegangen sind, durch welche schon ihm ähnlich krystallisirende Stoffe entfernt wurden. Man würde aber sehr irren, wenn man es z. B. nach den in Fig. 24 bezeichneten Formen in einem Gemeng mit schwefelsauren, essigsauren, phosphorsauren Alkalien und mehreren organischen krystallisirbaren Stoffen unterscheiden zu können glaubte. So wird z. B. in den Excrementen das Taurin sehr gewöhnlich in wetzsteinartigen oder spindelförmigen Gestalten gefunden, die als solche gar keinen Beweis für die Anwesenheit des Taurins oder einer andern Substanz abgeben können, sobald nicht durch Exclusion auf Taurin geschlossen werden muss.

Besondre chemische Reactionen.

Hat man hinreichende Mengen von Taurin rein erhalten, so kann man es von allen andern Substanzen unterscheiden, theils durch seine Eigenschaft, beim Erhitzen in einer an beiden Enden offenen Glasröhre schweflige Säure zu entwickeln, theils daran, dass es selbst nach langem Kochen mit Aetzkali keine Schwefelreaction liefert, wohl aber beim Zusammenschmelzen mit kohlensaurem Natron.

Krystallformen des Taurins.



Fig. 24.

Das Taurin kann in so grossen Krystallen, wie irgend eine andre krystallisirbare Substanz erhalten werden; man kennt daher seine Krystallform sehr genau, die freilich unter dem Mikroskop in sehr mannichfachen Combinationen erscheint. Gewöhnlich bildet es sechsseitige Prismen mit vier und sechsseitiger scharfer Zuspitzung; die Grundform ist ein gerades rhombisches Prisma mit Winkeln der Seitenkanten = $111^0\ 44'$ und $68^0\ 16'$.

Chemische Constitution gewisser amidähnlicher Thierstoffe.

An die Harnsäure knüpften sich eine Anzahl Körper an, die, ohne den Character dessen, was man gewöhnlich unter Säure versteht, an sich zu tragen, doch ihrer chemischen Qualitäten halber ebensowohl als wegen ihres physiologischen Verhaltens sich am einfachsten an jene stickstoffhaltige Säure anreihten. Hieran schliesst sich eine Gruppe homologer stickstoffhaltiger Körper, die man neuerdings geneigt ist, ohne

Weiteres den Säuren zuzuzählen, obgleich man dieselben bisher für einfache Amide hielt, d. h. Ammoniake, in welchen ein Atom Wasserstoff durch ein sauerstoffhaltiges Radical, ein Säureradical, ersetzt ist, also

$$\text{Glycin} = \left.\begin{matrix} C_4H_3O_4 \\ H \\ H \end{matrix}\right\} N \qquad \text{Leucin} = \left.\begin{matrix} C_{12}H_{11}O_4 \\ H \\ H \end{matrix}\right\} N.$$

(Vrgl. oben S. 18—23).

Diese sind nämlich Glycin, Leucin und noch ein diesem homologer Körper. Als Amide characterisiren sie sich dadurch, dass sie mit Säuren und Basen sich nur schwer verbinden und leicht wieder davon trennen, besonders aber dadurch, dass sie durch salpetrige Säure, wie alle Amide, Stickstoffgas ausgeben, Wasser bilden, und Glycinsäure oder Leucinsäure liefern ($C_{12}H_{13}NO_4 + NO_3 = HO + C_{12}H_{11}O_5.HO + 2N$). Man hat neuerdings angefangen, diese Körper als Aminsäuren zu betrachten, und zwar aus einem zweifachen Gesichtspunkte. Es ist nämlich gelungen, aus der Monochloressigsäure (*Cahours* [1]) so wie aus der Monobromessigsäure (*Perkins* und *Duppa* [2]) durch Behandlung derselben mit Ammoniak das Glycin darzustellen ($C_4H_3BrO_4 + H_3N = HBr + C_4H_5NO_4$), so dass sich dieses zur Essigsäure gerade so verhält, wie die Benzaminsäure zur Benzoësäure ($C_{14}H_7NO_4 : C_{14}H_6O_4$), d. h. es ist an die Stelle des einen Atoms Wasserstoff der Säure Amid eingetreten [$C_4H_4O_4 : C_4(H_3Br)O_4 : C_4(H_3.H_2N)O_4$]. Will man diese Körper demnach Aminsäuren nennen, so ist dabei doch nicht der wesentliche Unterschied ausser Acht zu lassen, den diese von den gewöhnlich sogenannten Aminsäuren zeigen; die letztern deriviren bekanntlich nur von mehrbasischen Säuren und das Amid ist darin nicht an die Stelle von Wasserstoff getreten, sondern von der mehrbasischen Säure unter Verlust von 1 At. Sauerstoff aufgenommen worden (z. B. Oxalsäure zu Oxaminsäure = $C_4H_2O_8 : C_4H_4NO_7$). Von einem anderen Gesichtspunkte aus würden sich diese Körper, die übrigens mit Säuren ebensowohl als mit Basen verbindbar sind, als wirkliche Aminsäuren im gewöhnlichen Sinne des Worts betrachten lassen, wenn man nach *Limpricht* und *Schwanert* [3]) ihre Zerlegbarkeit in der Hitze namentlich unter Mithülfe von Alkalien in Kohlensäure und eine entsprechende Aetherbase ins Auge fasst. Glycin zerfällt bei der Behandlung mit Baryt (*Cahours*) in 2 At. Kohlensäure und Methylamin, Leucin bei ähnlicher Behandlung (*Limpricht*) in 2 At. Kohlensäure und Amylamin ($C_{12}H_{13}NO_4 = 2CO_2 + C_{10}H_{13}N$). Es wären sonach Carbaminsäuren, in welchen 1 At. Wasserstoff des Amids durch Methyl, Amyl u. dergl. vertreten ist (Carbaminsäure $H_2N.C_2O_3.HO$ entsprechend der Amylcarbaminsäure $C_{10}H_{11}.HN.C_2O_3.HO. = \text{Leucin} = C_{12}H_{13}NO_4$). Der Zersetzungsweisen dieser Stoffe giebt es noch viele, die sich bald

Aminsäuren.

Substituirte Carbaminsäuren.

1) *Cahours*, Ann. d. Ch. et de Phys. 3. Sér. T. 53, p. 322—347.
2) *Perkins* und *Duppa*, Chem. Soc. Quart. Journ. T. 11, p. 22—35.
3) *Limpricht* und *Schwanert*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 101, S. 298 u. Bd. 102, S. 221—236.

der einen bald der andern Anschauungsweise über die Lagerung der Atome in diesen Stoffen annähern. Man darf aber nicht vergessen, dass aus diesen Analogien noch kein bestimmter Schluss auf die Constitutionsformel dieser Stoffe gezogen werden darf. Denn wenn man z. B. dieselben bald mit der Anthranilsäure ($C_{14}H_7NO_4$), bald mit der Benzaminsäure vergleicht, so legt eben die Verschiedenheit der Umwandlungsproducte dieser beiden isomeren Säuren die Unsicherheit unsrer Deutungsweisen dar. Denn so liefert z. B. die Anthranilsäure mit ätzenden Alkalien Anilin und Kohlensäure, als ob sie Anilcarbaminsäure sei, während die isomere Benzaminsäure unter gleichen Verhältnissen kein Anilin bildet; so giebt ferner Anthranilsäure mit salpetriger Säure Salicylsäure ($C_{14}H_6O_6$), Benzaminsäure aber die dieser nur isomern Oxybenzoësäure. Dass jene Formeln nur der Deutung für gewisse Umsetzungen dienen, aber kaum die wahre Constitution auszudrücken vermögen, dürfte wohl auch aus der zuerst von *Strecker* ermittelten Thatsache hervorgehen, dass die fraglichen Körper aus den Aldehyden der Säuren erster Gruppe, Blausäure und Salzsäure erzeugt werden können (z. B. $C_{10}H_{10}O_2 + HC_2N + 2HO = C_{12}H_{13}NO_4$), eine Bildungsweise, die sich ungezwungener Weise nicht wohl mit einer der oben berührten Formeln in Einklang bringen lässt.

Dieser Klasse von Stoffen ist auch das Tyrosin beizuzählen, obgleich dasselbe nicht in die homologe Reihe der genannten Körper gehört; allein sein Verhalten gegen Säuren und Basen so wie seine Zersetzungsformen weisen deutlich genug auf seinen Character als Amid oder Aminsäure hin.

Bildung amidähnlicher Thierstoffe durch Fäulniss.

Durch *Liebig* und mehrere seiner Schüler wissen wir längst, dass diese Stoffe als Zersetzungsproducte stickstoffhaltiger und besonders eiweissartiger Stoffe, sei es durch Fäulniss, sei es durch Einwirkung von Alkalien oder Säuren auftreten. Sie sind aber so entfernte Umwandlungsproducte jener Stoffe, dass nicht etwa bestimmte Beziehungen einzelner derselben zu einzelnen albuminösen Stoffen geltend gemacht werden können. Dagegen hat es Dank den Arbeiten *Frerichs'* und *Städeler's* den Anschein gewonnen, als ob auch im lebenden Organismus die regressive Metamorphose der Albuminate eine Richtung einschlagen könne, vermöge welcher sich innerhalb der Lebenssphäre Stoffe wie Leucin und Tyrosin bilden könnten. Ja man hat diese Stoffe sogar als normale Bestandtheile einer Anzahl von Drüsensäften z. B. denen der Leber, Milz, Pankreas, Thymus u. s. w. angesprochen, da man nach einer mehr oder weniger umständlichen Behandlung jener Drüsen in deren Extracten solche Stoffe nachzuweisen vermochte. Allein in den Schlussfolgerungen aus solchen Erfahrungen dürfte die grösste Vorsicht anzuempfehlen sein. Wenn man nämlich dieselben Drüsen, in welchen man die Anwesenheit jener Stoffe constatirt zu haben glaubt, aus dem eben getödteten Thiere entfernt und, anstatt sie schnell zu zerkleinern, in bereit stehendem siedenden Wasser kocht, so wird man bei nachmaliger Behandlung der

schnell zerriebenen und mit Alkohol digerirten Drüsensubstanz meistens keine Extracte erhalten, in denen eine Spur Leucin oder Tyrosin nachweisbar wäre; verfährt man umständlicher, so wird man immer wenigstens in den ungekochten Drüsen bei weitem mehr von jenen Materien finden, als in den gekochten und mit Alkohol behandelten. Es ist also hiernach nicht recht glaublich, dass bei der normalen Stoffmetamorphose des thierischen Organismus sich Leucin und Tyrosin bilden, zumal da selbst grosse Mengen in den Thierkörper eingeführte Substanzen dieser Art im Harn nicht wieder als solche erscheinen und auch nicht in Harnstoff umgewandelt werden.

Bei den pathologisch-anatomischen Untersuchungen findet man aber diese Stoffe in den erwähnten Drüsen viel häufiger theils krystallinisch abgelagert, theils chemisch nachweisbar, als man je erwartet hat: allein auch hieraus darf gewiss nicht geschlossen werden, dass diese Stoffe die unmittelbaren Ergebnisse der anomalen Lebensthätigkeit waren. Erwägt man, dass eine zerkleinerte Leber oder eine ähnlich behandelte Bauchspeicheldrüse, mit etwas Wasser nur auf 12 bis 18 St. in den Brütofen gebracht, am schnellsten und reichlichsten Leucin und Tyrosin liefern, dass der menschliche Leichnam aber so lange in sich die Brutwärme erhält, um 48 St. nach dem Tode noch nicht völlig auf die äussere Temperatur abgekühlt zu sein, und dass sich endlich neben jenen Stoffen in den genannten Organen immer gleichzeitig auch Tripelphosphatkrystalle und ähnliche Zeichen wahrer Fäulniss vorfinden: so wird man selbst für die pathologischen Zustände die Fälle nur auf eine sehr geringe Zahl zu beschränken haben, in welchen die Stoffmetamorphose so pervers geworden ist, dass bereits bei Lebzeiten sich im Organismus oder einzelnen Theilen desselben jene Stoffe ansammelten.

Wenn wir aber nach gewissen krankhaften Zuständen jene Stoffe im Cadaver häufiger finden, als nach andern, so beweist diess keineswegs deren Präexistenz im noch lebenden Körper. Denn es kann ein pathologischer Process schon eine Anzahl einfacher physikalischer Verhältnisse nach sich ziehen, die disponirend auf eine bestimmte Zersetzungsform der Gewebsstoffe und ihrer Säfte hinwirken oder sie beschleunigen. Sehen wir doch selbst unter rein chemischen Verhältnissen, dass z. B. die von Harnsäureausscheidung begleitete saure Gährung des Harns nach fieberhaften Zuständen oft schon in 12 Stunden und kürzerer Zeit beendet ist, während sie unter normalen Bedingungen erst nach 4 und 6 Wochen ihr Ende findet. Wie also im fieberhaften, namentlich entzündlichen Harn ein prädisponirendes Moment liegt, welches die Säurebildung beschleunigt, so mögen auch manche pathologische Processe ein prädisponirendes Moment abgeben, wodurch die Leucin- und Tyrosinbildung, kurz die Fäulniss einzelner Organe, nach dem Tode beschleunigt wird. Das Vorkommen dieser Stoffe im lebenden Körper dürfte also selbst für die pathologischen Verhältnisse auf das geringste Maass zu beschränken sein. Dagegen darf ein solches, obwohl seltnes

Vorkommen auch nicht gänzlich geläugnet werden, denn abgesehen davon, dass *Frerichs* im Harn eines lebenden Menschen wirklich Tyrosin (und zwar ohne Harnstoff) gefunden hat: ist es auch nicht nur glaublich, sondern auch wahrscheinlich, dass in Fällen ganz perverser Stoffmetamorphose, wie zuweilen im Typhus, bösartiger Scarlatina oder Blattern, acuter gelber Leberatrophie, Puerperalfieber, wo das Blut, ammoniakreich oder gar sauer werden kann (was eine völlige Umwälzung des ganzen Mechanismus und Chemismus des Lebens nach sich ziehen muss) auch solche Fäulnissproducte, wie Leucin und Tyrosin, schon im noch athmenden Körper sich finden werden.

Glycin. Chemische Bedeutung.

Das Glycin, $C_4H_5NO_4$, nach oben erwähnten Hypothesen entweder als Acetaminsäure $= C_4(H_3.H_2N)O_4$ oder als Methylcarbaminsäure $= (C_2H_3.HN).C_2O_3.HO$ oder als Amid der Glycinsäure $= H_4N_2.C_8H_6O_8$ zu betrachten, zeigt gegen chemische Mittel die diesen Formeln entsprechenden Umwandlungen; ausserdem entwickelt es mit Schwefelsäure und Braunstein Blausäure, beim Schmelzen mit Kali Wasserstoff und bildet dabei Oxalsäure oder Ameisensäure. Harnstoff ist aus ihm künstlich noch nicht erzeugt worden, obwohl es *Horsford's* Erfahrungen zufolge nach Einführung in den lebenden Organismus zu einer Vermehrung der Harnstoffausscheidung Veranlassung zu geben scheint. Es geht demnach nicht unverändert durch den Organismus und ist deshalb auch bisher noch in keiner thierischen Flüssigkeit vorgefunden worden. Bekannt ist dagegen, dass man das Glycin in den oben erwähnten Säuren, der Glycocholsäure und der Hippursäure, als Paarling angenommen hat, wenn eigentlich auch nur erwiesen ist, dass bei gewissen Zersetzungen jener Säuren sich Glycin abspaltet. Während also bis jetzt wenigstens das Glycin in thierischen Flüssigkeiten noch nicht isolirt gefunden wurde, ist es um so beachtenswerther, dass gewisse Säuren (von der Gruppe der aromatischen) ausser Benzoësäure und Zimmtsäure, auch Toluylsäure, Salicylsäure und Cuminsäure bei ihrem Durchgange durch den thierischen Organismus zu einem stickstoffhaltigen Paarlinge gelangen, der bei seiner Trennung von der Säure Glycin bildet. Dazu kommt, dass es nach den Untersuchungen von *Kühne* und *Hallwachs*[2]) den Anschein gewinnt, als ob jene Säuren sich dieses Paarlings nur bei ihrem Durchtritte durch die Leber bemächtigen könnten. Es ist daher nicht ganz unwahrscheinlich, dass bei der Zersetzung, welche die eiweissartigen Körper in der Leber erleiden (im Pfortaderblute ist kein Glycin nachweisbar), Glycin gebildet und dieses entweder mit der stickstofffreien Gallensäure Glykocholsäure oder (wie beim Schweine) Hyocholinsäure bildet, sich aber auch bei Gegenwart von Benzoësäure u. dergl. mit diesen Säuren verbinden kann. Man hat wohl früher ge-

Physiologische Bedeutung.

1) *Horsford*, Ann. der Ch. und Pharm. Bd. 61, S. 51—57.

2) *Kühne* und *Hallwachs*, Nachr. der k. Ges. der Wissensch. zu Göttingen 1857 No. 8, S. 129—134.

glaubt, dass der glycingebende Paarling jener Säuren hauptsächlich aus der Umwandlung leimgebender Gewebe hervorgehe; allein dagegen spricht ausser der Thatsache, dass auch künstlich aus Albuminaten Glycin erzeugt wird, wohl der äusserst träge Stoffumsatz in den leimgebenden Geweben, während wir namentlich bei pflanzenfressenden Säugethieren so viel Glycin in der Gallensäure- und in der Hippursäureausscheidung wahrnehmen.

Dokimasie.

Würde Glycin als Paarling irgend einer der oben genannten Säuren gesucht werden, so dürfte es am besten sein, die fragliche Säure mit einer grössern Menge concentrirter Salzsäure mindestens eine halbe Stunde lang zu kochen, die salzsaure Flüssigkeit nach dem Erkalten von der abgeschiedenen Säure abzufiltriren und die saure Lösung mit Bleioxydhydrat zu sättigen, wobei Glycin mit etwas Bleioxyd in Lösung bleibt; letztres wird durch Schwefelwasserstoff entfernt und die Lösung durch Krystallisation verdunstet. Hätte man dagegen die Muthmassung, dass in einer thierischen Flüssigkeit freies oder nur mit Salzen verbundenes Glycin enthalten sei, so würde die Flüssigkeit nach Entfernung des Albumins durch Kochen, der Phosphate und Sulphate durch Barytwasser, bis zur Syrupsconsistenz einzudampfen und zunächst mit kaltem absoluten Alkohol zu extrahiren sein; der Rückstand wäre in wenig Wasser zu lösen, zu filtriren und wieder zu verdunsten, dann aber mit salzsäurehaltigem Alkohol zu extrahiren, in welchem sich das salzsaure Glycin ziemlich leicht auflöst; sättigt man auch hier nach Verdunstung des Alkohols die Säure mit Bleioxydhydrat und verfährt wie oben, so wird man neben Kochsalzkrystallen (der absolute Alkohol löst nur wenig Chlornatrium) fast nur die Krystalle von Glycin mikroskopisch wahrnehmen.

Krystallformen des Glycins.



Fig. 25.

Das Glycin scheidet sich in den auf beigehender Figur dargestellten Formen aus; sie gehören dem monoklinometrischen Systeme an, von der Combination $\infty P . 0P + P . \infty P \infty$. Die spitzen Winkel ∞P, durch welche die Orthodiagonale geht, sind nach *Gorup* $= 66^0\ 15'$. Sind die Mengen gewonnenen Glycins nicht so gering, dass man sich bei der mikroskopischen und mikrogoniometrischen Bestimmung beruhigen muss, so kann die Eigenschaft des Glycins, sich in concentrirter Kalilauge beim Erwärmen mit rother Farbe zu lösen, ferner die, die Fällung des Kupferoxydvitriols durch Kali zu verhindern, einen weitern Anhalt geben. Wäre dann noch Material genug vorhanden, so würde eine qualitative Stickstoffanalyse, die das Verhältniss zwischen Kohlenstoff und Stickstoffgehalt anzeigt, den besten Ausweis geben. Denn Schwefelsäure und Braunstein zur Erkennung der Blausäureentwicklung oder Schmelzen mit Aetzkali um Cyankalium, Ammoniak, Oxalsäure oder Ameisensäure nachzuweisen, sind Methoden, die theoretisch richtig, in der Praxis der zoochemischen Analyse höchstens zu Irrthümern Veranlassung geben können.

Besondre chemische Reactionen.

Sarkosin.

Das Sarkosin, $C_6H_7NO_4$, hat bis jetzt für die Physiologie noch kein allgemeineres Interesse erregt; es ist nach *Liebig's* Entdeckung nur bekannt als Umwandlungsproduct des Kreatins durch ätzende Alkalien. Bemerkenswerth ist seine Isomerie (ja vielleicht seine Identität) mit dem von *Strecker* aus Aldehyd-Ammoniak, Blausäure und Salzsäure dargestellten Alanin, dem Urethan und Lactamid. Präformirt ist es bis jetzt noch nirgends im thierischen Organismus gefunden worden.

Dokimasie.

In analytischer Beziehung hat es daher zur Zeit auch nur insofern ein Interesse, als es in dem einen oder in dem andern Falle zur Erkennung des Kreatins dienen könnte. Wir wissen durch *Liebig*, wie leicht das Kreatin ($C_8H_9N_3O_4$) durch ätzende alkalische Erden unter Aufnahme von 2 At. Wasser in Sarkosin und Harnstoff ($C_6H_7NO_4 + C_2H_4N_2O_2$) zerfällt. Will man diese Thatsache zur Erkennung kleinerer Mengen Kreatin benutzen, so ist besonders darauf zu achten, dass der fragliche Körper nicht zu lange mit dem Barythydrat erhitzt werde, damit nicht das gebildete Sarkosin ebensowohl als der Harnstoff zersetzt werde, was bei unvorsichtigem Gebahren sehr leicht geschieht. Zu dem Zwecke dürfte folgendes Verfahren empfehlenswerth sein. Man löst das fragliche Kreatin in möglichst wenig Wasser und fügt eine beliebige, nicht allzu geringe Menge (man kann mehr und auch weniger als die vorschriftsmässige 10fache Menge verwenden, da für mikrochemische Versuche ohnediess das Maass nicht so genau genommen werden kann) Barythydrat hinzu und erhitzt, bis das letztre ganz zerflossen ist. Erstarrt beim Erkalten die ganze Flüssigkeit zu einer festen glasigen Masse, so ist die Menge des Barythydrats hinreichend, um bei 2 höchstens 4 Minuten langem Kochen alles Kreatin in Sarkosin und Harnstoff umzuwandeln. Auf das Aufhören der Ammoniakentwicklung ist bei derartigen Versuchen im Kleinen nicht zu warten; das Sarkosin wird überhaupt sehr leicht mit zersetzt. Die vom gebildeten kohlensauren Baryt abfiltrirte Flüssigkeit versetze man nun ohne Weiteres mit verdünnter Schwefelsäure bis zur schwach sauren Reaction, filtrire den schwefelsauren Baryt ab und dampfe auf dem Wasserbade ein, ziehe den noch feuchten Rückstand mit Alkohol aus; in letzterem löst sich der Harnstoff mit der überschüssigen Schwefelsäure, schwefelsaures Sarkosin bleibt ungelöst; aus der alkoholischen Lösung kann der Harnstoff nach den weiter unten anzuführenden Methoden leicht nachgewiesen werden. Der in Alkohol unlösliche Rückstand ist fast reines schwefelsaures Sarkosin; denn schwefelsaures Ammoniak ist nicht beigemengt, da in dem schmelzenden Barythydrat alles etwa gebildete Ammoniak ausgetrieben worden ist. Man löst das schwefelsaure Sarkosin in Wasser und überlässt es in einem Uhrglase der Selbstverdunstung. Es scheidet sich dann in vierseitigen, glänzenden Prismen oder in grossen gefiederten Blättern aus; bei kleinen Quantitäten aber in Warzen, die unter dem Mikroskop die in Fig. 26 verzeichneten Gruppen von wetzsteinförmigen Krystallen darstellen. Dieses schwefelsaure Sarkosin kann man nun mit kohlensaurem Baryt zerlegen und die filtrirte wässrige Lösung von reinem Sarkosin zur Krystallisation verdunsten; man erhält es dann in geraden rhombischen Säulen oder den in beigehender Figur verzeichneten Formen.

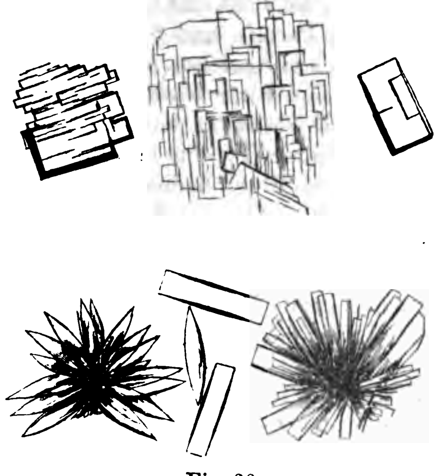


Fig. 26.

Die obere Hälfte dieser Figur stellt die Geschiebe rechtwinkliger Säulen und Tafeln des reinen Sarkosins dar, so wie man sie gewöhnlich bei mikrochemischen Versuchen erhält. Für das blosse Auge erscheinen dieselben als breite, farblose, durchsichtige Blätter. Zuweilen bildet es auch gerade rhombische Säulen, deren Enden durch auf den stumpfen Kanten gerade aufgesetzte Endflächen zugeschärft sind; demnach die Combination ∞ p.P∞ bildend; die Winkel von ∞ P sind 103^0 und 77^0.

Krystallformen reinen und schwefelsauren Sarkosins.

Die untere Hälfte dieser Figur stellt die mikroskopischen Formen des schwefelsauren Sarkosins dar. Wie aus der Abbildung zu ersehen, bilden die einzelnen Krystalle flache wetzsteinförmige, an den Enden gerade abgestumpfte Formen, die sich um ein Centrum zu blatt- oder sternförmigen Drusen gruppiren.

Ausser der mikroskopischen Prüfung dürfte zur Erkennung des Sarkosins etwa noch sein süsslich scharfer Geschmack und seine Sublimirbarkeit zu berücksichtigen sein, sobald eben nur kleine Mengen der Untersuchung vorliegen.

Leucin.

Das Leucin, $C_{12}H_{13}NO_4$, nach oben berührten Hypothesen bald als Amid der Leucinsäure $= H_2N.C_{12}H_{11}O_4$, bald als Capronaminsäure $= C_{12}(H_{11}.H_2N)O_4$, bald als Amylcarbaminsäure $= (H.C_{10}H_{11}.N).C_2O_3.HO$, betrachtet, von *Limpricht* zuerst künstlich aus Valerianaldehyd, Blausäure und Salzsäure dargestellt, ist schon zu *Braconnot's* Zeiten als Fäulnissproduct albuminöser Materien bekannt gewesen und seitdem durch Einwirkung ätzender Alkalien oder von Schwefelsäure auf solche und leimgebende Körper erzeugt worden. Keine Darstellungsmethode giebt in kürzerer Zeit ein reineres Leucin, als die aus eben in Fäulniss übergegangener Leber.

Vorkommen.

Auf das Vorkommen von etwas Leucin in zerkleinerter, vorher nicht gekochter Leber wies zuerst *Liebig*[1]) hin; *v. Gorup* fand es in gesunden Kalbslebern; *Frerichs* und *Städeler* nur in pathologischen Menschenlebern und unter des letztern Leitung neuerdings *Neukomm*[2]) besonders nach acuter gelber Atrophie, Typhus, Tuberculose, acutem Gelenkrheumatismus und Variola; in der Milz zuerst *Scherer* (anfangs von demselben für einen eigenthümlichen Stoff, *Lienin* genannt, gehalten) besonders aber bei Leuchämie, in der Thymusdrüse *v. Gorup* (ebenfalls

1) *Liebig*, Chem. Briefe 1. Aufl. S. 135.
2) *Neukomm*, Ueber Leucin, Tyrosin u. s. w. Inauguraldiss. Zürich 1859.

für einen besondern Stoff, *Thymin* gehalten), im Pankreas und pankreatischen Saft *Frerichs* und *Virchow*, in der Parotis und Submaxillaris des Rindes so wie in krankhaftem menschlichen Speichel *Frerichs* und *Städeler*, im Gehirn des Rindes *W. Müller*, im Eiter *Bödeker*, im Gehirn nach acuter Leberatrophie *Frerichs* und *Städeler*; letztere fanden es auch im Harn bei acuter, gelber Leberatrophie, Typhus und Blattern, während *Scherer* dasselbe in leuchämischem Blute beobachtet hatte. Nach *Neukomm* findet sich das Leucin in keinem Organe als specifisches Umsatzproduct, sondern pflegt nur in solchen Fällen und in solchen Organen vorzukommen, wo eine reichliche Neubildung, eine „rasche Auflösung oder „Zerfall der Elementartheile der Gewebe", besonders aber der zelligen Elemente" stattfindet. Aus dem im Eingange zu diesen Körpern Erwähnten dürfte hervorgehen, dass es immer noch weiterer Untersuchungen bedarf, um eine scharfe Grenze zu ziehen zwischen dem Leucin, welches als Product der Zersetzung stickstoffhaltiger Materien (welche viel schneller einzutreten pflegt, als man bisher glaubte, vergl. „Blut") auftritt, und jenem Leucin, welches als Product abnormen Stoffwechsels bereits im lebenden Körper vorkommt; nur dann erst wird die wahre Bedeutung des Leucins für Physiologie und Pathologie zu ermitteln sein.

Dokimasie. Aus dem über das Vorkommen des Leucins so eben Bemerkten geht hervor, dass bei den physiologisch-chemischen Untersuchungen die Aufmerksamkeit zunächst darauf gerichtet werden muss, dass sich nicht während der Vorbereitungen zur Untersuchung der Objecte oder durch die chemische Behandlung selbst erst dieser Stoff erzeugen könne. Das Kochen eines auf Leucin zu untersuchenden Organs, um nach der oben angedeuteten Weise die Zersetzung zu verhindern, hat seine Unannehmlichkeiten; man muss nach der Zerkleinerung des Organs erst noch Wasser zusetzen, um überhaupt Saft auspressen zu können; zugleich bildet sich in Folge des Kochens, welches nicht zu kurz dauern darf, aus dem Bindegewebe immer etwas glutinöse Materie, die der weitern chemischen Behandlung nicht günstig ist. Man muss daher zu anderen Antisepticis seine Zuflucht nehmen; man befeuchtet das Organ zunächst äusserlich mit sehr verdünntem Kreosotwasser, Phenylwasser oder auch Holzessig; das Zerkleinern des Organs geschieht am besten mittelst eines Hackemessers, wie sich dessen die Fleischer bedienen (grobes Glaspulver lässt sich auch zum Zerkleinern benutzen) während des Zerkleinern befeuchtet man die Massen mit einer der eben angeführten Flüssigkeiten, rührt das völlig in Brei verwandelte Organ mit höchstens dem gleichen Gewichtstheile Wasser an und presst aus.

Hat man es mit thierischen Flüssigkeiten zu thun, so kann man zwar durch Zusatz des 4 bis 6 fachen Volumens Alkohol die Zersetzung verhindern; allein diese oft empfohlene Methode ist nicht nur kostspielig, sondern führt auch manche Unannehmlichkeit mit sich; auch hier kann man daher mit Vortheil die oben erwähnten Flüssigkeiten, wiewohl in sehr geringer Menge, anwenden und zunächst das Albumin nach den unten anzuführenden Vorsichtsmassregeln coaguliren. Die filtrirte und vom Albumincoagulum abgepresste Flüssigkeit ist nun, wie *Frerichs* und *Städeler* empfehlen, mit neu-

Dokimasie.

tralem essigsauren Bleioxyd zu fällen, die hiervon abfiltrirte Flüssigkeit durch Schwefelwasserstoff vom Blei zu befreien, abzudampfen und zunächst mit heissem Alkohol zu extrahiren. Das Leucin ist zwar an sich nicht leicht löslich in Alkohol, löst sich aber wegen der Gegenwart der gebildeten essigsauren Alkalien sehr leicht darin auf. Der alkoholische Auszug ist zu verdunsten, und man thut wohl, das Extract nicht erst auf die sogleich zu erwähnenden Leucinkugeln zu untersuchen, sondern dasselbe erst mit Aether zu extrahiren, da die festen Fettsäuren und deren Glycerinverbindungen oft in den Leucinkugeln täuschend ähnlichen Formen vorkamen. Das entfettete Extract kann man nun in Wasser oder Alkohol lösen und in den bei der spontanen Verdunstung sich ausscheidenden Massen mikroskopisch neben den sich ausscheidenden Krystallen von essigsaurem Natron nach Leucin suchen.

Hierbei hat man sich meist beruhigt; fand man kugliche, meist gelbliche zum Theil concentrisch gestreifte und hie und da mit radialen Streifen versehene, oft auch mit feinen haarförmigen Spitzen versehene Kugeln, so hielt man die Gegenwart von Leucin für erwiesen und kann in der That meistens auch sicher sein, Leucin vor sich zu haben. Allein solche abortive Krystallformen können ebensowenig wie die vielgenannten Dumbells einen exacten Beweis für das Vorhandensein der einen oder andern Substanz geben. Mag daher viel oder wenig von der fraglichen Substanz vorliegen, so muss man sie reiner darzustellen versuchen, theils um sie in genauer bestimmbaren Krystallformen zu erhalten, theils um, wenn Material genug vorhanden, noch weitere chemische Versuche damit ausführen zu können.

Hat sich das Leucin schon bei der bisherigen Behandlung in ziemlich weissen, leicht zerdrückbaren, kuglichen Massen ausgeschieden, so trenne man sie möglichst von dem etwa vorhandenen, gelblichen Syrup, löse sie in nicht allzu viel starkem Alkohol und füge darauf Aether zu, bis eine bleibende Trübung entsteht; setzt dann erst, nachdem diese sich abgesetzt hat, von Neuem Aether zu; wenn durch Aether keine Trübung mehr erzielt wird, lässt man einige Zeit stehen und untersucht dann mikroskopisch; oft wird man da schon die vollkommnern (auf beigehender Tafel verzeichneten) Formen von Leucin wahrnehmen. Allein abgesehen davon, dass auch bei dieser Behandlungsweise das Leucin häufig nur in den früher erwähnten kuglichen Massen erhalten wird, so giebt auch auffallender Weise Aether aus der alkoholischen Lösung gar keinen Niederschlag, wenn dem Leucin zuviel syrupöse Materie beigemengt war. Man muss dann zu einem der folgenden Mittel greifen, um characteristische Krystalle zu erhalten.

Die wässrige Lösung des schon einigermassen gereinigten Leucins wird mit Aetzammoniak stark alkalisch gemacht und vorsichtig so lange basisches (oder auch neutrales) essigsaures Bleioxyd zugesetzt, als noch ein Niederschlag entsteht; der Niederschlag, Leucinbleioxyd, darf nicht zuviel ausgewaschen werden, weil sich sonst ein Theil des Leucins wieder auflöst. Vortheilhafter noch ist es, die wässrige Leucinlösung mit Quecksilberchlorid oder salpetersaurem Quecksilberoxyd und doppeltkohlensaurem Natron zu versetzen, so lange noch ein weisser Niederschlag entsteht; überschüssiges Alkali ist hier zu vermeiden und deshalb das Bicarbonat dem ätzenden Kali oder Natron vorzuziehen. Das Leucinquecksilberoxyd oder die Bleiverbindung ist nun mit etwas Wasser anzurühren und durch Schwefelwasserstoff zu zersetzen. Aus der filtrirten und etwas eingeengten Flüssigkeit scheidet sich namentlich,

Dokimasie.

wenn man für möglichst langsames Erkalten sorgt, das Leucin gewöhnlich in schönen Krystallformen aus. Sollte dies nicht der Fall sein, so kann man dieses, wie oben, mit Alkohol und Aether behandeln, um endlich zum Ziele zu gelangen. Die Anwendung der Thierkohle nützt wenig oder nichts, um das Leucin rein zu erhalten. Hat man über viel Leucin zu gebieten, so gelangt man auch durch blosses Umkrystallisiren aus Wasser zu jenen schönern Krystallformen. Bei Anwendung des Quecksilberniederschlags zur Reinigung des Leucins geschieht es oft, dass das durch Schwefelwasserstoff wieder isolirte Leucin Salpetersäure oder Salzsäure enthält; diese müssen entfernt werden, man würde sonst die Krystallformen von salpetersaurem oder salzsaurem Leucin erhalten.

Verschiedene Krystallformen des Leucins.



Fig. 27.

Die beistehende Figur zeigt einige der gewöhnlichsten Formen, in welchem das mehr oder weniger reine Leucin unter dem Mikroskop erscheint. Die vier mit einem radienförmig-gestreiften Hofe umgebenen, zum Theil mehrfach concentrisch gestreiften Kugeln in der Mitte des untersten Theils der Figur ist die Form, in welcher sich das noch nicht ganz reine Leucin auszuscheiden pflegt; in den concentrischen Streifen folgt oft eine lichtere Lage auf eine dunklere. Rechts in der Mitte am Rande sieht man ein Haufwerk von granulirten Kugeln, wie das unreine Leucin sich oft auch ausscheidet. In der Mitte von oben sind drei scharf contourirte, glänzende, concentrisch scharf gezeichnete, ovale Körper, den Corpusculis amylaceis nicht unähnlich, eine Form, in welcher das Leucin sich oft aus alkoholischer Lösung durch Aether ausscheidet. Oben rechts sind Leucinbüschel, welche den sogenannten Margarinsäurekrystallen sehr ähneln und unten rechts grosse, schilfblätterförmige Gruppen, welche den Stearinsäurekrystallen gleichen. Solche Formen bilden sich aus reinerem Leucin leicht, wenn man Lösungen desselben unter dem Deckplättchen verdunsten lässt. Die ausgebildetste Form der Leucinkrystalle sind die auf der ganzen linken Seite des Bildes angedeuteten rhombischen Tafeln. Ganz reines Leucin scheidet sich immer so aus wässrigen Lösungen bei allmäligem Verdunsten ab. Die Winkel der Krystalle sind nicht leicht zu messen, da die, wenigstens selbst scheinbar ganz isolirten rhombischen Tafeln nicht flach auf dem Glase aufliegen; man erhält daher je nach der Projection verschiedene Maasse für die Winkel; durchschnittlich wurden die spitzen Winkel jener Tafeln etwa 38^0 gefunden. Auch diese rhomboëdrischen Krystalle legen sich gern an ein gewisses Centrum an, von welchem sie höchst unregelmässig nach verschiedenen Richtungen ausgehen, so dass oft die Krystalle in der Projection wie wellenförmig und gefaltet, einander in vielfachen Winkeln durchschneidend, dann aber so characteristisch erscheinen, dass sie mit keinem anderen bekannten Körper verwechselt werden können.

Besondre chemische Reactionen.

Hat man das Leucin ziemlich rein erhalten, so ist es von vielen andern Körpern ähnlicher Art durch seine Sublimirbarkeit zu unterscheiden; denn

vorsichtig in einer Glasröhre erhitzt, wird es ohne zu schmelzen in Dämpfe verwandelt, die sich schon unweit der erhitzten Masse wieder als schneeweisser, welliger Anflug festsetzen.

Dokimasie.

Von manchen ähnlichen Stoffen kann das Leucin auch unterschieden werden durch seine Fähigkeit, sich in concentrirter Schwefelsäure, Salzsäure und in kalter Salpetersäure unzersetzt aufzulösen und damit leicht krystallisirbare Verbindungen zu geben.

Der Geruch des Valeronitrils, welches sich bei Digestion von Leucin mit verdünnter Schwefelsäure und Braunstein entwickelt, ist ein sehr unsicheres Prüfungsmittel auf Leucin; dagegen zersetzt sich das Leucin, in wässriger Lösung mit etwas ungekochtem Blutfibrin oder einem kleinen Stückchen von Pankreas zusammengebracht, bei ungefähr 30° schon im Verlauf einer Stunde in baldriansaures Ammoniak, aus welchem die Baldriansäure durch Zusatz einiger Tropfen concentrirter Schwefelsäure leicht erkannt werden kann.

Ein recht brauchbares Mittel, kleine Mengen selbst nicht sehr reinen Leucins zu erkennen, hat zuerst *Scherer* empfohlen. Uebergiesst man nämlich den fraglichen Körper auf Platinblech mit Salpetersäure, dampft vorsichtig zur Trockniss ein, setzt nun etwas Natronlauge (oder Kalilauge) zu, und erwärmt von Neuem, so zieht sich die Masse beim Verdunsten zu einem oder mehreren Tropfen zusammen, die ölartig, ohne sich auszubreiten, auf dem Platinblech herumrollen.

Analoga und Homologa des Leucins.

Dass es noch mehrere dem Leucin homologe und darum auch mehr oder weniger ähnliche Stoffe giebt, daran ist wohl nicht zu zweifeln; hat doch *v. Gorup* bereits einen solchen von der Zusammensetzung $C_{10}H_{11}NO_4$ entdeckt. *Scherer* fand dagegen in der Leber einen Stoff, der dem Leucin isomer war, aber von diesem verschieden zu sein schien.

Tyrosin.

Das Tyrosin, $C_{18}H_{11}NO_6$, ist ein Stoff, über dessen theoretische Constitution sich eine Menge Hypothesen aufstellen lassen und aufgestellt worden sind, von denen aber keine in den bis jetzt vorliegenden Thatsachen einen sichern Grund hat. Künstlich eingeführt in den lebenden Organismus wird es zersetzt und erscheint nicht als solches im Harne wieder.

Gleich dem Leucin entsteht es leicht aus albuminösen Materien durch Fäulniss, durch Zersetzung mit starken Mineralsäuren oder Erhitzen mit ätzenden Alkalien, ist daher auch ein häufiger Begleiter des Leucins (nie wird es ohne Leucin gefunden), kommt aber gewöhnlich in viel geringerer Menge vor, als das letztere. In normalen Rindslebern fand man das Tyrosin nicht, dagegen wurde es von *Frerichs* und *Städeler* in den Lebern nach acuter, gelber Atrophie, nach Typhus und Variola häufig gefunden; im normalen Pankreas wurde es nur von *Wolff*, dagegen im krankhaften von *Städeler* und *Frerichs*, *Virchow* und Andern entdeckt (das Pankreas bildet bei der Fäulniss sehr leicht und verhältnissmässig viel Tyrosin). In der Milz erkannten *Scherer*, *v. Gorup* so wie *Cloëtta* kein Tyrosin, wohl aber *Meyer*. In der Galle an Typhus Verstorbener, im Lebervenen- und Pfortaderblute bei Leberaffectionen und im Harn bei acuter, gelber Leberatrophie, Blattern und Typhus

Vorkommen.

fanden diesen Stoff *Frerichs* und *Städeler*, am constantesten trifft man auf Tyrosin in dem Pankreas und der Milz (*Neukomm*). Es gilt sonach von der etwaigen physiologischen Bedeutung des Tyrosins ganz dasselbe, was von der des Leucins gesagt worden ist; man kann von derselben überhaupt nicht eher sprechen, als bis genau entschieden, was Fäulnissproduct, was Erzeugniss anomalen Stoffwechsels.

Warren de la Rue hat in der Cochenille Tyrosin gefunden; die Menge desselben in diesen Insectenleichen ist oft äusserst gering; ob auch im lebenden *Coccus cacti* bereits Tyrosin vorkomme, ist unbekannt. *Frerichs* und *Städeler*[1]) führen indessen an, dass die Leichen der Insecten sowohl, als die der diesen nahestehenden Spinnen und der Crustaceen reich an Leucin, zum Theil auch an Tyrosin gefunden würden.

Dokimasie.

Um das Tyrosin in dem parenchymatösen Safte einer Drüse oder überhaupt in einer thierischen Flüssigkeit nachzuweisen, hat man nicht nur dieselben Vorsichtsmassregeln zu beachten, sondern zunächst auch ganz denselben Weg einzuschlagen, wie diess beim Leucin (S. 106) angedeutet worden ist. Da das Tyrosin in starkem Alkohol unlöslich ist, so wird es in jenem Rückstande zu suchen sein, der hinterbleibt, wenn man das Leucin durch starken Alkohol nebst den essigsauren Salzen (s. S. 107) ausgezogen hat. Das Tyrosin pflegt man hierbei sogleich viel reiner zu erhalten, als das Leucin; man krystallisirt dasselbe zuerst aus Wasser um; vortheilhaft ist es oft, die federweissen, lockern Massen von Tyrosin noch einmal aus ammoniakalischer Lösung umzukrystallisiren; es scheidet sich daraus gewöhnlich reiner und in grössern mit blossem Auge wahrnehmbaren büschelförmig vereinigten Nadeln aus. Eine weitere Reinigung des Tyrosins ist selten nöthig.

Formen des Tyrosins.



Fig. 28.

Bei der mikroskopischen Untersuchung zeigt das ausgeschiedene Tyrosin die auf beistehender Tafel verzeichneten Formen. Am gewöhnlichsten bildet es sehr dunkle Doppelbüschel ganz feiner Nadeln, die der Ungeübte etwa mit den nicht unähnlichen mikroskopischen Formen des Gypses oder milchsauren Kalks verwechseln könnte. Ist der Körper aus Ammoniak krystallisirt, so ist an eine solche Verwechslung nicht zu denken; dann pflegt sich auch das Tyrosin in den langen, schifblattförmig spitz zulaufenden bald büschelförmig bald sternförmig vereinigten Nadeln auszuscheiden, oft aber auch in den rechts oben angedeuteten Gruppen feiner Prismen, die man als vierseitig mit gerader Abstumpfungsfläche unterscheiden kann.

Besondre chemische Reactionen.

Das Tyrosin ist sonach nicht leicht mit einem andern Körper und am wenigsten mit dem Leucin zu verwechseln; es giebt aber noch einige chemische Reactionen, durch welche die Gegenwart dieses Körpers, wenn die

1) *Frerichs* und *Städeler*, Journ. f. pr. Ch. Bd. 73, S. 48.

vorhandene Menge sonst dazu ausreichend ist, fast ausser allen Zweifel gesetzt werden kann. Dokimasie.

Wenn man nach *Piria* Tyrosin mit concentrirter Schwefelsäure übergiesst und mehrere Stunden stehen lässt oder sehr vorsichtig erwärmt, dann mit Wasser verdünnt, mit kohlensaurem Kalk neutralisirt und die abfiltrirte Flüssigkeit mit neutralem Eisenchlorid versetzt, so bildet sich eine schön violette Färbung, gerade so wie bei Zusatz von neutralem Eisenchlorid zu einem salicylsauren Salze. Diese Methode kann zwar mit ziemlich kleinen Mengen ausgeführt werden, bedarf aber grosser Sorgfalt und misslingt dem Anfänger oft.

Wird nach *Scherer* Tyrosin mit Salpetersäure von 1,2 sp. G. auf Platinblech verdampft, so färbt sich die Flüssigkeit pommeranzengelb und es hinterbleibt ein intensiv gelber Rückstand, der auf Zusatz von einem Tropfen Natronlauge rothgelb wird. Diese Reaction lässt leicht eine Verwechslung mit Hypoxanthin zu, welches überhaupt leichter mit Tyrosin zu verwechseln ist, als man gewöhnlich glaubt, da das erstre namentlich aus ammoniakalischer Lösung ebenfalls leicht in dem Tyrosin nicht unähnlichen Nadelbüscheln krystallisirt. Der durch Verdunsten mit Salpetersäure erhaltene gelbe Rückstand ist bei beiden ziemlich glänzend und nicht blasig; wird aber der Rückstand mit Natronlauge auf Platinblech verdampft, so bildet die rothe, alkalische Lösung beim Hypoxanthin einen rothgelben, die ebenso behandelte und gefärbte Tyrosinlösung aber einen schwarzbraunen Rückstand.

Eine sehr gute, ja die beste Reaction auf Tyrosin ist die von *R. Hoffmann* zuerst beobachtete. Wird nämlich eine Tyrosinlösung, selbst wenn sie sehr stark verdünnt ist, mit salpetersaurem Quecksilberoxyd (welches nicht zu viel freie Säure enthalten darf) bis zum Kochen erhitzt, so bildet sich neben meist sich ausscheidenden rothen Flocken eine intensiv dunkelrosenrothe Flüssigkeit, eine Reaction, die bis jetzt bei keinem andern Körper beobachtet worden ist.

Tyrosin reducirt eine ammoniakalische Silberlösung in der Kälte nicht; beim Kochen scheidet sich aber allmälig metallisches Silber aus; filtrirt man heiss, so setzt sich Tyrosinsilberoxyd in mit blossen Augen erkennbaren Krystallbüscheln ab, die unter dem Mikroskop die regelmässigsten meist aus 6 an der Peripherie ausgezackten Dreiecken bestehenden Rosetten bilden.

Ein dem Tyrosin ähnlicher Körper, *Xanthoglobulin*, ist von *Scherer*[1]) in krankhaften Menschenlebern neben Tyrosin gefunden worden. Dieser Stoff ist noch nicht genauer untersucht.

Kreatin.

Das Kreatin, $C_8H_9N_3O_4$, gehört zu denjenigen Stoffen, deren theoretische Constitution noch völlig unbekannt ist. Seine Zersetzungsweisen geben darüber keinen Aufschluss. Für die Beurtheilung seines physiologischen Werthes ist zu beachten, dass es durch Behandlung mit Baryt in Sarkosin und Harnstoff unter Aufnahme von 2 At. Wasser zerfällt ($C_8H_9N_3O_4 + 2HO = C_6H_7NO_4 + C_2H_4N_2O_2$), dass es mit concentrirten Mineralsäuren behandelt unter Abgabe von Wasser sich in Kreatinin verwandelt ($C_8H_9N_3O_4 - 2HO = C_8H_7N_3O_2$), dass es der Einwirkung von salpetriger Säure und Salpetersäure ausgesetzt, keine stickstofffreie Säure, sondern neben verschiedenen Gasen eine sauerstofffreie

1) *Scherer*, Journ. für prakt. Ch. Bd. 70, S. 408.

Basis = C_6H_3N liefert und dass es mit Quecksilberoxyd erhitzt, neben Kohlensäure oxalsaures Methyluramin liefert ($C_8H_9N_3O_4 + 5O = 2CO_2 + C_4H_7N_3.HO.C_2O_3 + HO$).

Vorkommen. Dieser Körper ist ein constanter Bestandtheil des Saftes quergestreifter wie glatter Muskeln; auch in denen der Mollusken fehlt er nicht (*Valenciennes* und *Frémy*). Das Fleisch verschiedener Wirbelthiere zeigt einen verschiedenen Gehalt an diesem Stoffe, schwankend ungefähr zwischen 0,07 bis 0,32%. Im Fleische der Hühner und Marder wurde am meisten Kreatin gefunden, in absteigender Reihe weniger in dem des Pferdes, Fuchses, Rehs, Hirsches, Hasen, Rindes, Schafs, Schweins, Kalbs und der Fische. In menschlichem Fleische fand man einmal 0,067%. Mageres Fleisch enthält stets mehr Kreatin als fettes; aus letzterem sind oft nur Spuren auszuscheiden.

Beachtung verdient, dass das Kreatin noch in keinem drüsigen Organe (trotz deren Gehalt an glatten Muskelfasern, wie z. B. der Milz) gefunden worden ist; um so auffälliger ist daher, dass *W. Müller*[1]) und *Lerch* solches im Gehirn nachwiesen. Im Rindsblut fanden *Verdeil* und *Marcet*[2]) Spuren von Kreatin. Ob im Harn unter normalen Verhältnissen Kreatin vorkomme und das zuweilen darin gefundene nur von einer Umsetzung des Kreatinins herrühre, ist noch nicht mit aller Sicherheit zu entscheiden.

Bildungsstätte. Da das Kreatin vorzugsweise in den Muskeln vorkommt, so liegt der Gedanke zu der Annahme nahe, dass es sich während der Muskelthätigkeit hauptsächlich aus dem Syntonin bilde; denn würde es auch aus andern albuminösen Materien gebildet, so sollte man glauben, dass es auch in den drüsigen Organen, wo viele Albuminate zu Grunde gehen, gefunden worden sein müsste. Dass es im Gehirn in geringerer Menge gefunden wird, ist jener Hypothese nicht gerade entgegen, da weiter unten nachgewiesen werden wird, dass in der Hirn- und Nervenfaser eine dem Syntonin wenigstens höchst ähnliche Substanz vorkommt.

Da im Harn hauptsächlich, ja vielleicht nur Kreatinin vorkommt, so darf man wohl glauben, dass das Kreatin theils schon in den Muskeln, hauptsächlich aber im Blute zunächst in Kreatinin übergehe. Weitere Untersuchungen müssen übrigens lehren, ob das Kreatin nur in Kreatinin übergehe, um ausgeschieden zu werden, oder ob es, wie seine chemische Zersetzung durch Barytwasser anzudeuten scheint, auch zur Harnstoffbildung mit beiträgt.

Physiologischer Werth. Dass das Kreatin noch als Nährstoff dienen könne, ist seinem chemischen Verhalten nach wie nach seinem Vorkommen nicht recht wahrscheinlich, zumal da der thierische Organismus im Allgemeinen der Fähigkeit zu entbehren scheint, aus einfachern stickstoffhaltigen Atomcomplexen complicirtere zu erzeugen.

---

1) *W. Müller*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 103, S. 143—145.
2) *Verdeil* und *Marcet*, Journ. de Pharm. et de Chim. 3. Sér., T. 20, p. 91—93.

Dokimasie.

Um sich von der Gegenwart des Kreatins in einer thierischen Flüssigkeit oder dem (nach oben S. 106 bezeichneter Weise ausgepressten) Safte eines Organs zu überzeugen, schlägt man am besten den zuerst von *Liebig* betretenen Weg ein. Nach Entfernung der coagulirbaren Materien versetzt man die filtrirte Flüssigkeit mit Barytwasser nicht blos bis zur Neutralisation, sondern so lange überhaupt dadurch noch ein Niederschlag entsteht. Sehr wichtig ist es nun, dass man die filtrirte Flüssigkeit, sei sie auch noch so verdünnt, nicht über Kohlen oder auf dem Sandbade eindunstet, sondern nur auf dem Wasserbade. Diese Regel ist bei allen thierischen Flüssigkeiten zu beachten; denn durch die strahlende Wärme des Sandbades oder der Kohlen werden die an den Rändern der verdampfenden Flüssigkeit befindlichen, eingetrockneten organischen Stoffe zersetzt (geröstet); diese bewirken nicht nur eine dunkelbraune Färbung des Extracts, sondern hemmen meistens auch die Ausscheidung krystallisirbarer Stoffe. Von der Richtigkeit dieser Regel kann man sich aber bei keinem Stoffe mehr überzeugen als bei dem Kreatin. Gewöhnlich bilden sich auf der verdampfenden Flüssigkeit Häute organischer Materie, die einfach zu entfernen sind; gleichzeitig setzt sich meistens auch noch etwas kohlensaurer Baryt ab, der durch vorgängiges Einleiten von Kohlensäure in die mit Barytwasser alkalisch gemachte Flüssigkeit nicht entfernt werden konnte. Man dampfe die Flüssigkeit nicht zu stark ein, sondern unterlasse zunächst das weitere Concentriren, sobald sie einen sehr dünnen Syrup bildet; dann pflegen sich, wenn Kreatin nicht in allzugeringer Menge vorhanden, ziemlich grosse Krystalle desselben auszuscheiden. Haben sich über Nacht keine Krystalle gebildet, so erwärme man die Flüssigkeit von Neuem jedoch so, dass nur wenig verdunstet, lasse dann wieder stehen und wiederhole dieses Verfahren, bis sich Krystalle zeigen. Diese trennt man von dem kohlensauren Baryt durch Lösen in Wasser und krystallisirt sie um.

Entstehen nun andre als die zu erwartenden Kreatinkrystalle oder sind die muthmaasslichen Kreatinkrystalle mit andern, namentlich mit denen von Chlornatrium und Chlorkalium gemengt, so extrahire man die Krystallmasse mit Alkohol von 95%, der die genannten Chlorverbindungen entfernt; man kann nun gewöhnlich den in starkem Alkohol unlöslichen Rückstand in Wasser lösen, aus dem sich beim Verdunsten die Kreatinkrystalle ausscheiden. Sollte aber das Kreatin noch mit Hypoxanthin, Tyrosin oder ähnlichen Stoffen gemengt sein, so kann man es in kochendem Alkohol von 80% auflösen und es nach Verdunstung des Alkohols aus Wasser krystallisiren lassen.



Fig. 29.

Formen des Kreatins.

Die Krystalle dieses Körpers gehören dem monoklinischen System an (*Heintz*). Die Neigung der Klinodiagonale auf die Hauptachse beträgt 70° 20′. Die Neigung der Flächen ∞P:∞P in der Ebene der Orthodiagonale und der Hauptachse ungefähr 133° 2′. In der beistehenden Figur sind die abgeleiteten Krystallformen dargestellt, in denen sich das Kreatin am gewöhnlichsten auszuscheiden pflegt; doch kommen noch manche andre Combinationen vor. Sehr oft

Dokimasie. treten die dicken scheinbar rechtwinkligen Tafeln auf; nicht selten sind diese aber so dünn, dass ihre Contouren nur die Zeichnung eines Parallelopipedums darstellen. Sehr characteristisch, wiewohl auch beim Allantoïn und milchsauren Zinkoxyd vorkommend, sind die dorischen Säulenschaften gleich ausgebauchten und nach einer Richtung schmäler zugehenden Krystalle mit zweiflächiger Zuspitzung. Auch liebt es das Kreatin sehr, sich so auszuscheiden, dass an einem grössern Krystall sich unter spitzen Winkeln mehrere kleinere ansetzen (man könnte sagen, wie ein mehrfach angespaltenes Stück Holz). Auch unregelmässig sechsseitige Krystalle kommen vor. *Verdeil* und *Robin*[1]) haben fast alle denkbaren Formen des Kreatins dargestellt; auch *Funke*[2]) hat schöne Zeichnungen der gewöhnlichern Formen geliefert. Sollte sich das Kreatin zufällig nicht in einer der hier verzeichneten Formen ausgeschieden haben, so wird man beim Umkrystallisiren d. h. schon wenn man einen Tropfen der Lösung auf dem Objectträger verdunsten lässt, unter dem Mikroskop sicher mehrere der hier bezeichneten Formen vorfinden.

Besondre chemische Reactionen. Eine einfachere chemische Reaction zur Erkennung des Kreatins ist nicht bekannt. Metallsalze, Gerbsäure u. dergl. bewirken aus der Lösung keine Fällung. Kocht man seine Lösung mit frisch gefälltem Quecksilberoxyd, so wird letzteres reducirt und viel Kohlensäure entwickelt. Dampft man die Kreatinlösung mit ziemlich concentrirter Salzsäure ein, so erhält man salzsaures Kreatinin in feinen rhombischen Prismen, aus welchen durch Digestion mit Bleioxydhydrat das reine Kreatinin und aus diesem die Chlorzinkverbindung dargestellt und diese an ihren Krystallformen erkannt werden könnten. Die Darstellung von Sarkosin aus Kreatin ist schon oben S. 104 zur Erkennung des Kreatins empfohlen. Doch hat man überhaupt grössere Mengen des Körpers gefunden, so ist die quantitative Bestimmung des Wassergehalts (der wenig über 12 % beträgt) und des Stickstoffgehalts (= 32 %) allen andern Versuchen zur Constatirung des Kreatins vorzuziehen.

Kreatinin. Des **Kreatinins**, $C_8H_7N_3O_2$, theoretische Zusammensetzung ist noch ebenso wenig ermittelt als die des Kreatins; indessen kann man mit grösserm Rechte, als bei einem der bisher betrachteten Körper, in ihm ein substituirtes Ammoniak annehmen, da es sich durch alkalische Reaction auf Pflanzenfarben und grosse Geneigtheit, mit Säuren wohl characterisirte Salze zu bilden, auszeichnet. Zersetzungsproducte desselben sind noch nicht genau untersucht; nach *Dessaigne* liefert es mit Quecksilberoxyd, gleich dem Kreatin, Methyluramin, mit salpetriger Säure aber ebenfalls keine stickstofffreie Verbindung, sondern eine stickstoffhaltige Basis, deren empirische Formel noch nicht völlig constatirt scheint. Bei längerem Stehen in wässriger Lösung geht das Kreatinin allmälig wieder in Kreatin über (*Liebig*).

Vorkommen. Das Kreatinin wurde von *Liebig* in dem Muskelsafte entdeckt; *Valenciennes* und *Frémy* schieden es auch aus den Muskeln der Cephalopoden und Acephalen aus.

Auch im Blute wurde es von *Verdeil* und *Marcet* neben Kreatin gefunden.

---

1) *Robin* und *Verdeil*, Atlas Pl. 22—25.

2) *Funke*, Atlas 2. Aufl. T. 4 F. 4.

Im menschlichen Harn von *Pettenkofer* und *Heintz* nachgewiesen, wurde es von *Liebig* auch in dem des Hundes, von *Socoloff* in dem des Pferdes gefunden; im Harn noch gesäugter Kälber sah es der letztre neben Allantoïn; nach *Scherer* scheint es auch im Fruchtwasser vorzukommen.

Aus dem beim Kreatin Bemerkten geht wohl hervor, dass die nächste Quelle des Kreatinins wohl nur im Kreatin zu suchen ist. Ueber eine etwaige Vermehrung oder Verminderung des Kreatinins unter gewissen physiologischen oder pathologischen Verhältnissen ist nichts bekannt.

Dokimasie.

Um das Kreatinin, eine nicht blos in Wasser, sondern auch in Alkohol und selbst in Aether etwas lösliche, leicht mit Säuren sich verbindende Substanz, in einer thierischen Flüssigkeit, wie Fleischsaft, Blut, Harn (von Fleischfressern oder Pflanzenfressern) nachzuweisen, kann man, ja muss man oft sehr verschiedene Wege einschlagen (so wie auch bei vielen andren Substanzen); hier seien nur folgende angedeutet: Ist die Flüssigkeit albuminhaltig, so ist sie zunächst von diesem Stoffe zu befreien; enthält die Flüssigkeit viel Phosphate, wie der Fleischsaft und der Harn von Menschen und Carnivoren, so entferne man die Phosphorsäure sammt etwa vorhandener Schwefelsäure entweder mit Barytwasser oder mit Kalkmilch und Chlorcalcium, dampfe die filtrirten Flüssigkeiten im Wasserbade bis zur Syrupsconsistenz ab und lasse einige Zeit stehen, damit alles leicht krystallisirbare, wie Kreatin, Allantoïn, Chlorcalcium, Chlornatrium u. s. w. auskrystallisire. Ist dagegen viel Hippursäure (wie im Harn von Herbivoren) vorhanden, so muss diese (da der hippursaure Kalk sonst auch mit auskrystallisiren und den ganzen Rückstand in eine krystallinische Masse verwandeln würde) vor Anwendung der alkalischen Erde durch Salzsäure entfernt werden (s. oben S. 67). Lässt sich die Mutterlauge von den ausgeschiedenen Krystallen nicht mechanisch trennen, so übergiesst man die Masse mit kaltem verdünnten Spiritus, dampft die filtrirte Lösung ein und extrahirt den Rückstand mit starkem Spiritus. Das letztre spirituöse Extract wird nun in sehr wenig Wasser gelöst und tropfenweise mit einer syrupösen Chlorzinklösung versetzt; setzt man mit einem Male viel von der letztgenannten Lösung zu, so erhält man oft nicht die gewünschte Ausscheidung von salzsaurem Kreatinin-Zinkoxyd, da letztres in überschüssigem Chlorzink etwas löslich ist. Man setzt also so lange Chlorzinklösung tropfenweise zu, bis nach einiger Zeit oder sogleich eine Ausscheidung stattfindet. Das Ausgeschiedene ist mikroskopisch zu untersuchen, zeigt aber sehr oft unter dem Mikroskope nichts characteristisches, da es nur kugelförmige, dunkle, radial gestreifte an den Rändern zackige Massen darstellt. Sollten sich aber wohlausgebildete, prismatische Krystalle zeigen, so muss eine weitere Behandlung lehren, ob sie wirklich jene Verbindung oder die dieser sehr ähnlichen Krystalle milchsauren Zinks sind. Das gesammte mit ziemlich verdünntem Spiritus ausgewaschene Präcipitat wird in kochendem Wasser gelöst und mit frisch gefälltem Bleioxydhydrat (welches durchaus kalifrei sein muss) wenigstens ¼ St. lang gekocht; die vom Zinkoxyd, Chlorblei und überschüssigen Bleioxydhydrat abfiltrirte Flüssigkeit scheidet beim Verdunsten oft nichts als die unten beschriebenen Kreatininkrystalle aus; oft aber enthält die Lösung Blei, welches durch Schwefelwas-

Dokimasie.

serstoff zu entfernen ist; die Lösung reagirt nicht alkalisch (während reine Kreatininlösung diess thut) und beim Verdunsten erhält man einen sauren nicht krystallisirbaren Syrup, der höchstens unregelmässiges Gewirr ausscheidet. In solchem Falle stelle man durch Chlorzink von Neuem jene Verbindung dar; sie wird nun unter dem Mikroskop in regelmässigern Formen erscheinen. Um daraus aber reine Kreatininkrystalle zu erhalten, zersetze man zwar auch wieder mittelst Bleioxydhydrat, dampfe die filtrirte Flüssigkeit aber ein und extrahire sie mit gewöhnlichem wasserhaltigen (aber nicht sauren) Aether; letztrer hinterlässt beim spontanen Verdunsten eine wässrige Flüssigkeit, aus der sich die characteristischen Kreatininkrystalle ausscheiden.

Formen reinen Kreatinins.

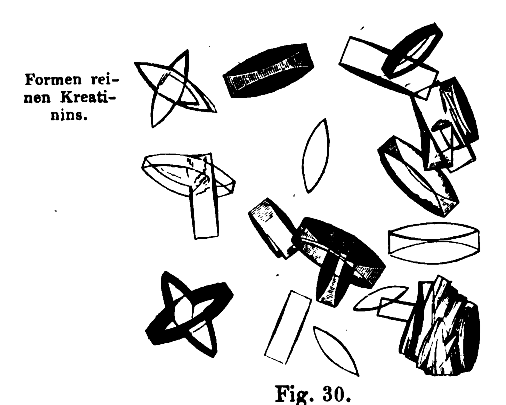


Fig. 30.

Die Krystalle des Kreatinins gehören gleich denen des Kreatins dem monoklinischen Systeme an; die vorherrschenden Flächen entstehen durch das Prisma ∞P, durch die basische Endfläche $0P$ und die klinodiagonale Endfläche $\infty P \infty$. Die Neigung der Klinodiagonale auf die Hauptachse ist fast dieselbe wie beim Kreatin $= 69^0\ 24'$; die Neigung der Orthodiagonale dagegen zur Hauptachse ist nur $98^0\ 20'$, während sie beim Kreatin $133^0\ 2'$ war.

In Fig. 30 sind nur die Formen angedeutet, in denen das Kreatinin aus Harn oder Fleischflüssigkeit erhalten zu werden pflegt. Hat man Kreatinin künstlich aus Kreatin und Salzsäure dargestellt, so pflegt ersterem meistens noch unverändertes Kreatin beigemengt zu sein, so dass manche reines Kreatinin darstellen sollende Abbildungen dem Verdachte Raum geben, dass noch Kreatinkrystalle eingemengt waren. Auch aus ätherischer Lösung, die kein Kreatin aufzunehmen vermag, wurden fast nur Formen erhalten, die denen in beistehender Figur entsprechen. Es kann übrigens nicht genug hervorgehoben werden, dass man aus einer Lösung von salzsaurem Kreatinin nie durch Chlorzink diese Verbindung erhält; hat man zufällig salzsaures Kreatinin vor sich, so muss nach *Liebig's* Vorgange etwas essigsaures Natron zur Lösung gesetzt werden, dann erst entstehen auf Zusatz von Chlorzink jene Krystalle.

Formen des salzsauren Kreatinin-Zinkoxyds.



Fig. 31.

Das salzsaure Kreatinin-Zinkoxyd ist auf beistehender Figur links unten in den Formen dargestellt, wie sie an sich nichts characteristisches darbieten; sehr eigenthümlich sind dagegen die beiden grössern Drusen rechts oben und unten; von einem Punkte aus haben sich anfangs deutliche Prismen gebildet, die später mit schneller ausgeschiedenen nadelförmigen Massen überzogen sind, rechts oben sind die Drusen der reinern Verbindung in Säulen, die

in der Projection wie dreiseitige Prismen mit gerader Abstumpfungsfläche erscheinen. Hat man, wie aus dem Harn sehr oft, nur jene dunkeln kuglichen oder igelförmigen Massen erhalten, so kann man, um reinere Krystalle des salzsauren Kreatininzinkoxyds zu erhalten, folgendes Verfahren einschlagen: man löst die Verbindung in etwas verdünnter Salzsäure unter Erwärmen und unter Zusatz von Alkohol, fügt dann noch so lang von der Verbindung zu, als sich noch etwas auflöst; scheiden sich beim Erkalten noch keine sternförmig gruppirten Nadeln aus, so wird diess auf Zusatz von etwas essigsaurem Natron geschehen.

Dokimasie.

Schwefelsaures Kreatinin krystallisirt in concentrisch gruppirten Tafeln und ist in heissem Alkohol löslich.

Besondre chemische Reactionen.

Chemische Reactionsmittel, die man noch zur Erkennung dieses Körpers anwenden kann, sobald derselbe möglichst rein dargestellt ist, sind: salpetersaures Silberoxyd, Quecksilberchlorid, Platinchlorid und Quecksilberoxyd. Eine nicht zu verdünnte Lösung von salpetersaurem Silberoxyd erstarrt mit einer Kreatininlösung zu einem Netz von Nadeln, die beim Erhitzen sich auflösen, beim Erkalten sich wieder ausscheiden; Quecksilberchlorid giebt aus Kreatininlösungen einen käsigen Niederschlag, der allmälig krystallinisch wird; Platinchlorid giebt mit salzsaurem Kreatinin eine in Wasser lösliche Verbindung, die beim Verdunsten sich in morgenrothen Krystallen ausscheidet. Quecksilberoxyd wird von Kreatininlösung beim Kochen reducirt.

Hat man es mit einer Flüssigkeit zu thun, in der ein Gehalt von Kreatinin noch nicht nachgewiesen ist, so darf man durch diese chemischen Reactionen und die mikroskopische Untersuchung die Gegenwart dieses Stoffs noch keineswegs als exact erwiesen ansehen; reicht das Material dazu aus, so ist jedenfalls durch eine Verbrennung das Verhältniss zwischen Kohlenstoff und Stickstoff nach *Liebig's* relativer (qualitativer) Methode noch zu ermitteln.

Harnstoff, chemische Bedeutung.

Der Harnstoff, $C_2H_4N_2O_2$, wird gewöhnlich dem Ammoniaktypus entsprechend als ein Diamid d. h. das Amid der bekanntlich zweibasischen Kohlensäure betrachtet; dafür spricht nicht nur sein Zerfallen in Kohlensäure und Ammoniak durch starke Säuren, Alkalien oder durch Fäulniss, seine Spaltung in Stickstoff, Wasser und Kohlensäure durch salpetrige Säure, sondern auch seine künstliche Darstellung aus Kohlensäureäther und Ammoniak sowie aus Phosgengas und Ammoniak (beides nach *Natanson*[1]) $C_8H_{10}O_2 . C_2O_4 + 2H_3N = 2C_4H_6O_2 + C_2O_2 . H_4N_2$ und $C_2O_2Cl_2 + 4H_3N = 2H_4NCl + C_2O_2 . H_4N_2$). *Heintz*[2]) hat indessen mehrere sehr erhebliche Gründe geltend gemacht, die an der Richtigkeit dieser einfachsten Anschauungsweise der Harnstoffconstitution noch zweifeln lassen. Für die Physiologie hat zur Zeit die Kenntniss der wahren Constitutionsformel des Harnstoffs noch wenig Werth; dagegen ist die von *Wöhler* bereits vor 30 Jahren zuerst beobachtete Bildung des Harnstoffs aus cyansaurem Ammoniak durch einfache Umlagerung der Atome dieses Salzes und die Umwandlung des Harnstoffs durch salpeter-

---

1) *Natanson*, Ann. der Ch. und Pharm. Bd. 98, S. 287.
2) *Heintz*, Journ. f. pr. Ch. Bd. 72, S. 129—148.

saft, in der Milch, im Eiter und besonders auch im Schweisse, der beim Austrocknen oft eine leichte bläuliche Kruste von Harnstoff auf der Haut (namentlich des Gesichtes) hinterlässt.

Endproduct des thierischen Stoffwechsels.

Der Harnstoff hat für die Physiologie insofern eine hohe Bedeutung, als er das gewöhnlichste Umwandlungsproduct aller dem thierischen Stoffwechsel anheimfallenden stickstoffhaltigen Materien ist; ja nur ein sehr geringer Bruchtheil des Stickstoffs der Nährstoffe oder der lebensthätigen Gewebe tritt unter einer andern Form als Harnstoff aus, so dass man die Grösse der Harnstoffausscheidung unter Berücksichtigung gewisser Verhältnisse als Maass des thierischen Stoffwechsels betrachten kann.

Genesis.

Dass sich bei der thierischen Stoffmetamorphose gerade Harnstoff (und nicht Ammoniak oder andre stickstoffhaltige Körper in grösserer Menge) bildet, darf wohl nicht Wunder nehmen, da bei dem endlichen Zerfallen der stickstoffhaltigen Körper Kohlensäure und Ammoniak ebenso in statu nascendi zur Amidbildung zusammentreffen, wie wenn Kohlensäureäther mit Ammoniak in Berührung kommt. Sehen wir doch auch bei den chemischen Operationen oft genug Harnstoff sich bilden; ausser an dessen künstliche Darstellungsweisen darf man sich nur daran erinnern, wie oft und bei wie vielen jener von *Wöhler* und *Liebig* studirten Zersetzungsproducte der Harnsäure immer und immer wieder Harnstoff auftritt. Die Harnstoffbildung im thierischen Organismus ist also nicht eine zufällige Eigenthümlichkeit der thierischen Oekonomie, sondern eine nothwendige Folge der im Thierkörper durch allmälige Oxydation beeinflussten chemischen Zersetzungen stickstoffhaltiger Materien.

Bildungsstätte.

Dass der Harnstoff nicht erst in den Nieren gebildet werde, sondern diese Organe nur als Ausscheidungswerkzeuge für denselben dienen, ist erst durch viele sorgfältige Versuche und Beobachtungen der tüchtigsten Forscher ausser Zweifel gestellt worden. Die der künstlichen oder durch Krankheit bedingten Unterdrückung der Nierenfunction folgende Vermehrung und Ansammlung des Harnstoffs in fast allen thierischen Flüssigkeiten hat einen der Hauptbeweise dafür abgegeben.

Ob der Harnstoff aber nur im Blute gebildet werde oder schon in den einzelnen Organen und thierischen Geweben während ihrer vitalen Function, ist eine noch nicht exact zu beantwortende Frage. Die auf den verschiedensten Wegen gemachte Erfahrung, wornach der thierische Organismus selbst nach lang andauernder Enthaltung von stickstoffhaltiger Nahrung fort und fort bis zum Tode noch Harnstoff durch die Nieren abscheidet, dient als Beweis, dass der Ursprung dieses Körpers der Hauptsache nach aus der Zersetzung untauglich gewordener Gewebstheile ahzuleiten ist. Ob dieser Stoff sich aber schon bei dem Zerfallen der Gewebstheile in den Organen selbst bilde, oder ob er erst aus den näheren Umwandlungsproducten der Gewebstheile nach ihrer Ueberführung ins Blut durch die hier noch energisch wirkende Oxydation hervorgehe, ist mit Sicherheit nicht zu entscheiden. Die massenhafteste Umwandlung stick-

stoffhaltiger Gewebstheile muss in den lebensthätigsten Organen des Thierkörpers, den Muskeln, vor sich gehen, und daher wohl auch die Hauptmenge des täglich ausgeschiedenen Harnstoffs von zu Grunde gegangener Muskelsubstanz abgeleitet werden; man hat aber, wie berührt, in dem Muskelsafte noch keinen Harnstoff gefunden, dagegen andre Materien, wie Kreatin, Kreatinin, Hypoxanthin, Inosinsäure, von denen wir wissen, dass sie ins Blut übergehen. Es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass aus diesen und ähnlichen nähern Umwandlungsproducten der Gewebe erst im Blute der Harnstoff als Carbonamid neben Kohlensäure und Wasser erzeugt werde. Darauf deutet überdiess nicht blos die künstliche Spaltbarkeit des Kreatins und der Harnsäure in Harnstoff und andere Producte hin, sondern auch die vielfachen Erfahrungen, dass Stoffe, wie Glycin, Theeïn, Alloxantin und Harnsäure selbst, wenn sie künstlich in den Organismus oder ins Blut eingeführt waren, in Harnstoff verwandelt werden, wie wenigstens aus der Vermehrung desselben im Harn nach Aufnahme solcher Stoffe zu ersehen ist.

Unmittelbare Bildung aus den stickstoffhaltigen Nährstoffen.

Eine Streitfrage ist es endlich noch, ob die überschüssig in den Organismus eingeführten, stickstoffhaltigen Nährstoffe, Albuminate und leimgebenden Substanzen im Blute unmittelbar so zersetzt werden können, dass daraus Harnstoff hervorgehe, oder ob auch dieser Ueberschuss (über die zum Wiederersatz des Untauglichgewordenen nöthige Menge) sich erst in Gewebsstoffe umwandeln müsse, ehe er sein Contingent zur Harnstoffbildung liefern könne. So manches auch für die letztre Ansicht sprechen mag, so bleibt es doch gewiss bedenklich, anzunehmen, dass die erhebliche Harnstoffvermehrung, die wir schon 6 Stunden nach Aufnahme grösserer Mengen reiner Albuminate und leimgebender Substanz wahrnehmen, nicht von dem aufgenommenen Nährstoffe, sondern von der durch diesen gewissermassen abgestossenen Gewebssubstanz herrühre. Man müsste sich dann den Process wohl so vorstellen, wie bei dem bekannten physikalischen Apparate zur Versinnlichung des Stosses elastischer Körper, so dass die Menge des zu Grunde gehenden Gewebes in geradem Verhältnisse zur Menge der aufgenommenen Albuminate stehe. Oder ist es wohl glaublich, dass im Organismus einer Katze, die in 24 St. die Hälfte ihres Körpergewichts an Fleisch zu consumiren vermag (in den nächsten 24 St. kaum eine Körpergewichtszunahme zeigt, aber enorme Mengen Harnstoff ausgeschieden hat), diese Menge Fleisch sich vollständig in Katze verwandelt hat, von der ursprünglichen Katze aber nur noch die Hälfte übrig geblieben ist?

Der Harnstoff ist also das letzte stickstoffhaltige Product der Rückbildung aller stickstoffhaltigen Bestandtheile des thierischen Organismus im normalen Zustande.

Dokimasie.

Die Ermittlung des Harnstoffs im Harn ist so einfach und fällt mit der in jedem Lehrbuche der Chemie angegebenen Darstellungsmethode so vollkommen zusammen, dass hier deren nähere Angabe überflüssig ist. Dagegen ist es oft sehr schwer, sich in andern Flüssigkeiten von der Gegenwart des

Dokimasie. Harnstoffs zu überzeugen, und zwar deshalb weil sich dieser Körper selbst schon beim Kochen seiner verdünnten Lösungen, mehr aber noch beim Abdampfen alkalischer oder durch doppelt phosphorsaures Natron saurer Flüssigkeiten zersetzt wird. Zerfällt dieser Körper doch schon beim Eindampfen des Harns im Wasserbade zum Theil; man concentrire nur Harn in einer Retorte und man wird in der Vorlage stets ein ammoniakalisches Destillat finden; der Ammoniakgehalt, den man im normalen Harn constatirt zu haben glaubt, rührt nur von einer theilweisen Zersetzung des Harnstoffs her in Folge der chemischen Behandlung. Schon hieraus dürfte die Schwierigkeit einleuchten, geringe Mengen Harnstoff in andern, namentlich albuminösen Flüssigkeiten nachzuweisen. Ist man aber so glücklich gewesen, alle Umstände zu vermeiden, welche eine Zersetzung des Harnstoffs bedingen können, so kann oft ein kleiner Nebenumstand die Erkennung dieses Stoffs hindern. Harnstoff verbindet sich bekanntlich mit Chlornatrium und macht dieses in Oktaëdern krystallisiren. Aus dieser Verbindung ist derselbe durch Salpetersäure oft nicht nachweisbar. Man thut dann wohl die Salzmasse, in welcher man Harnstoff muthmaasst, in Wasser zu lösen und durch essigsaures Bleioxyd zu fällen, zu filtriren und mit dünnem Spiritus auszusüssen. Die filtrirte Flüssigkeit, welche neben Harnstoff essigsaures Natron, etwas Chlorblei und überschüssiges essigsaures Bleioxyd enthält, ist im Wasserbade zu verdunsten und der Rückstand mit wenig absolutem Alkohol zu extrahiren; dieser alkoholischen Lösung setzt man so lange Aether zu, als noch eine Trübung sich bildet; nach etwa 6stündigem Stehen filtrirt man und verdunstet die alkoholische ätherische Lösung; gewöhnlich krystallisirt auch hier der Harnstoff noch nicht, sondern man erhält einen Syrup, der mittelst Salpetersäure und Oxalsäure auf unten berührte Weise zu prüfen ist.

Picard[1]) hat ein sehr umständliches Verfahren eingeschlagen, den Harnstoff im Blute zu bestimmen; dasselbe geht besonders darauf hinaus, den Harnstoff nach Behandlung des alkoholischen Extracts mit ätherhaltigem Alkohol, nachmaliger Fällung durch basisch essigsaures Bleioxyd u. s. w. (wie in *Liebig's* Titrirmethode) durch salpetersaures Quecksilberoxyd zu präcipitiren, diesen Niederschlag, mit Wasser angerührt, durch Schwefelwasserstoff zu zersetzen und die vom Schwefelblei abfiltrirte Flüssigkeit zu verdunsten; die zu verdunstende Flüssigkeit enthält aber immer Salpetersäure oder richtiger salpetersauren Harnstoff; dieser zersetzt sich aber bekanntlich beim Kochen und man wird und muss daher, wenn überhaupt Harnstoff noch gefunden wird, einen grossen Theil desselben durch Zersetzung verloren haben.

Neben mancher andern Methode, Harnstoff in albuminösen Flüssigkeiten nachzuweisen, dürfte sich folgende empfehlen: nachdem man die Flüssigkeit, wenn sie alkalisch ist, mit Essigsäure neutralisirt hat, fügt man etwa die Hälfte des Volumens Alkohol unter stetem Umrühren zu und erwärmt; das Albumin gerinnt viel leichter und bei niederer Temperatur nach Zusatz von etwas Alkohol und man wird dadurch sicher gestellt, dass nicht schon während des zum vollständigen Coaguliren des Albumins in wässriger Lösung nöthigen Kochens ein Theil des Harnstoffs zersetzt werde. Die filtrirte Flüssigkeit ist nun auf dem Wasserbade zu verdunsten und dann zur Ausscheidung von Mineralsalzen stehen zu lassen; immer werden die Krystalle von

1) *Picard*, a. o. a. O.

einer syrupösen Flüssigkeit umgeben sein; diese wird mit kaltem absoluten Alkohol digerirt und nachdem sich alle Trübung abgesetzt hat, filtrirt; das alkoholische Filtrat kann man entweder nur etwas concentriren und wie oben angegeben durch Aether die Salze grösstentheils ausfällen, um endlich die klare Lösung zu verdunsten, oder man kann, wie *Hoppe* angegeben, das alkoholische Extract wiederholt mit Aether behandeln d. h. mit gewöhnlichem wasserhaltigen; in diesem löst sich der Harnstoff neben etwas Fett auf; man überlässt den Aether der Selbstverdunstung (am besten in einem kleinen Becherglase), behandelt den Rückstand mit etwas Wasser (ist viel Fett vorhanden, so muss erst durch ein kleines wohl angefeuchtetes Filter filtrirt werden) concentrirt die Flüssigkeit von Neuem (wenn das Filtriren nöthig war) und wendet dann Salpetersäure sowohl als Oxalsäure zur Diagnostik des Harnstoffs an.

Dokimasie.

Wenn man zu einer concentrirten Harnstofflösuug reine (von Chlor und salpetriger Säure freie) Salpetersäure setzt, so erhält man einen schuppigen Niederschlag, der zur mikroskopischen Untersuchung weniger zu empfehlen ist. Besser ist es zu dem Zwecke ein Tröpfchen der Harnstofflösung auf den Objectträger zu bringen und dieses mit einem Deckplättchen zu bedecken, dann aber einen Tropfen Salpetersäure dem Rande des Deckplättchens zu nähern; sogleich wird sich an der Berührungsstelle beider Flüssigkeiten eine schon mit blossen Augen wahrnehmbare Ausscheidung bilden: durch die allmälige Diffusion werden sich jenseits jener ersten Ausscheidung unter dem Deckplättchen allmälig Krystalle bilden, deren erste Anlage und weitere Ausbildung man dann weiter verfolgen kann; zugleich erhält man hier die verschiedensten Formen der Verbindung, so dass eine Verwechslung nicht gut möglich ist.



Fig. 32.

Formeu des salpetersauren Harnstoffs.

Der salpetersaure Harnstoff scheidet sich in Formen des monoklinischen Systems, wie viele andre mikroskopisch diagnosticirbare Stoffe aus. Die mikrometrischen Verhältnisse dieser Krystalle hat *C. Schmidt*[1]) aufs sorgfältigste studirt. Gewöhnlich erblickt man unter dem Mikroskop nach dem Zusammentreten der Salpetersäure mit der Harnstofflösung nur rhombische Tafeln, deren spitze Winkel = 82^0 betragen; diese Tafeln erscheinen oft verdickt, (sehr kurze Prismen der Grundform bildend); die stumpfen Winkel dieser Tafeln oder Prismen werden aber häufig, ja gewöhnlich durch ein Flächenpaar (dem klinodiagonalen) so abgestumpft, dass eine 6seitige Tafel oder ein 6 seitiges Prisma daraus hervorgeht; die spitzen Winkel bleiben dabei natürlich dieselben ($=82^0$). Diese Formen erscheinen in schnell gemachten Mischungen beider Stoffe gewöhnlich dachziegelförmig über einander gelagert, wie die obern Gruppen in beistehender Figur andeuten. Die grössern Formen, zur rechten

1) *C. Schmidt*, Entwurf einer allgem. Untersuchungsmethode etc. Leipzig und Mitau 1816, S. 42—45.

Dokimasie. der Figur, sind nicht unter dem Mikroskop gebildet, sondern im Grossen erhalten; sie zeigen immer Streifen und Risse, ja zuweilen sieht man eine solche grosse rhombische Tafel in eine Unzahl kleiner in einander verschobener 6seitiger Tafeln zerfallen. Am untern Theil der Figur befindet sich ein längeres Prisma in der Projection auf eine der der Klinodiagonale parallelen Abstumpfungsfläche gezeichnet; links unten findet sich ein Zwilling, entstanden bei gemeinschaftlicher schiefer Endfläche beider Prismen durch Drehung des einen um 180^0; der dadurch gebildete einspringende Winkel (der für das Mikrogoniometer selten gut messbar ist) beträgt 111^0 20′. Das stumpfe Rhombenoktaëder, welches sich oft bei dem ersten Zusammentreffen des Harnstoffs mit der Salpetersäure bildet, pflegt sehr vorübergehend zu sein, daher es hier nicht abgebildet ist; man erkennt meist nur rhombische Tafeln mit den Achsen entsprechender Streifung.

Da es selten gelingt, das auf Harnstoff zu prüfende Extract frei von Natron und Kaliverbindungen zu erhalten, so kann es vorkommen, dass salpetersaures Natron für die Harnstoffverbindung gehalten wird; auch dieses scheidet sich in rhombischen Tafeln aus; allein diese Tafeln sind meist dicker, man findet keine sechsseitigen Formen noch Zwillinge; auch ist dieses Salz weit leichter in Wasser löslich, als die Harnstoffverbindung. Kaliverbindungen kommen glücklicher Weise seltner in den Flüssigkeiten vor, worin sich Harnstoff befindet; das Kalisalz scheidet sich dann oft auch in ähnlichen Formen aus, allein durch Umkrystallisiren kann man sich auch hier vor Täuschung wahren. Ueberdiess würde es in jedem Falle anzurathen sein, den vermeintlichen salpetersauren Harnstoff auf Platinblech allmälig zu erhitzen, um dadurch sich von etwaigem Alkaligehalte zu überzeugen.

Formen des oxalsauren Harnstoffs.



Fig. 33.

Der oxalsaure Harnstoff, dessen Formen ebenfalls dem monoklinischen Systeme angehören, scheidet sich beim Mischen der Lösungen oft in Formen aus, die denen des salpetersauren Harnstoffs äusserst ähnlich sind; namentlich erhält man beim Mischen unter dem Deckplättchen oft ebenso dachziegelförmig übereinandergelagerte sechsseitige Tafeln, wie bei der salpetersauren Verbindung, doch erscheinen hier die Tafeln meist etwas dicker; mischt man in einem Probirglase oder auf einem Uhrglase, so bilden sich oft büschelförmig vereinigte Drusen von Blättchen; längere Prismen und Zwillinge derselben kommen hier noch öfter vor, als beim salpetersauren Harnstoff. In Fig. 33 sind die verschiedenen Formen dargestellt, in denen bei langsamer sowohl als bei schneller Bildung diese Verbindung sich ausscheidet. Im Ganzen ist der oxalsaure Harnstoff theils wegen der Mannichfaltigkeit seiner Formen, theils wegen der ähnlichen Bildung saurer Alkalioxalate weniger als diagnostisches Mittel zu empfehlen. Er soll nur als Controle für die salpetersaure Verbindung dienen.

Andre Erkennungsmittel des Harnstoffs sind ebenso unzuverlässig als überflüssig.

Auf diese, bisher beschriebenen stickstoffhaltigen Körper (mit Ausnahme einiger Stoffe, die wir unter der irrationellen Kategorie der Pigmente behandeln werden) scheint sich die Thätigkeit der regressiven Metamorphose zu beschränken, wenigstens soweit unsre jetzigen Kenntnisse reichen. Es ist mehr als wahrscheinlich, dass sich zwischen diesen Materien und den Albuminaten und Gewebsstoffen noch eine Menge stickstoffhaltiger Mittelglieder vorfinden: allein für die physiologische Betrachtung des Stoffwechsels existiren dieselben noch nicht und werden nicht eher existiren, als bis die nächsten Spaltungsproducte der Albuminate erkannt sind.

Flüchtige Alkaloïde.

Vergleichen wir z. B. die Reihe der zahlreichen Fettsäuren, so muss es Wunder nehmen, dass man bisher nicht mehr dem Leucin und Glycin homologe Körper im thierischen Organismus gefunden hat. Wir kennen ferner die zahllose Menge der künstlich erzeugten flüchtigen Alkaloïde; von diesen hat sich bis jetzt kein einziges gefunden: denn jenes Trimethylamin, welches *C. Schmidt* aus dem Alkoholextract der Retina erhielt, ebenso wie jenes, welches *Buchheim* im Harn vorfand, dürften wohl vorläufig nur als Zersetzungsproducte anzusehen sein. Die stete Anwesenheit des Sauerstoffs im Blute und andern thierischen Flüssigkeiten mag wohl der Grund sein, dass es während des Lebens nicht zur Bildung solcher sauerstofffreier Körper kommt. Derselbe Umstand mag auch die Bildung sogenannter zusammengesetzter Harnstoffe verhindern; denn wenn sich im thierischen Organismus eben kein Methylamin oder Phenylamin bildet, kann auch nicht füglich an die Entstehung eines Methyl- oder Phenylharnstoffs gedacht werden ($C_2[H_3.C_2H_3]N_2O_2$ und $C_2\,[H_3.C_{12}H_5]N_2O_2$). Denn die fraglichen Kohlenwasserstoffe fallen eben im lebenden Organismus der vollständigen, wenn auch allmäligen Oxydation anheim; darum wird auch absichtlich in den Organismus eingeführtes Phenylamin im Harn nicht wieder gefunden.

Stickstofffreie Basen. Alkohole.

Alkohole.

Während die Gruppe der Alkohole noch vor sehr kurzer Zeit in der chemischen Systematik einen verhältnissmässig beschränkten Raum einnahm, ist die Zahl derselben durch die neuesten Entdeckungen nicht nur um ein sehr Erhebliches vermehrt, sondern auch eine Anzahl längst bekannter Körper als zu den Alkoholen gehörig erkannt worden. Wir verstehen jetzt unter Alkoholen solche an sich neutrale und zwar stickstofffreie organische Körper, welche fähig sind, sich mit Säuren unter Ausscheidung von wenigstens 2 At. Wasser zu vollkommen neutralen und zwar wasserfreien Verbindungen zu vereinigen, welche Verbindungen aber meistens nur allmälig und zwar stets nach Aufnahme entsprechender Wasseratome zerlegt werden können. Legen wir den Typus eines Doppelatoms Wasser zu Grunde, so würde die generellste Formel dieser Körper = $\left.\begin{matrix}C_xH_y\\H\end{matrix}\right\}O_2$ sein, wobei also das Wasserstoffatom, wel-

Definition.

ches ausserhalb des Radicals liegt, durch die Radicale der Säuren (d. h. sauerstoffhaltige Radicale) in den erwähnten Verbindungen ersetzt wird. Bekanntlich treten Kalium und Natrium nur schwer an die Stelle dieses Wasserstoffs. Kaum war es geglückt, die dem Weingeist homologen Körper (nächst Holzgeist, Fuselöl und dem Walrathalkohol) von der generellen Formel $\left.\begin{matrix}C_{2n}H_{2n+1}\\H\end{matrix}\right\}O_2$ sammt ihren kaum zählbaren Verbindungen zu ermitteln, als in dem Allyl- oder Akrylalkohol der Repräsentant einer zweiten homologen Reihe = $\left.\begin{matrix}C_{2n}H_{2n-1}\\H\end{matrix}\right\}O_2$ erkannt wurde. So wie aber die Fettsäuren in nächster Beziehung zu den Alkoholen der ersten Gruppe, die Akrylsäuren zu den Allylalkoholen in einer sehr nahen Beziehung standen, indem durch einfache Oxydation und Abgabe von Wasser die Alkohole in entsprechende Säuren verwandelt werden ($C_{2n}H_{2n+2}O_2 + 4O - 2HO = C_{2n}H_{2n}O_4$ und $C_{2n}H_{2n}O_2 + 4O - 2HO = C_{2n}H_{2n-2}O_4$): so liess sich erwarten, dass auch den aromatischen Säuren gewisse Alkohole zur Seite stehen müssten; es erfolgte auch sehr bald die Entdeckung des Benzalkohols; jetzt kennen wir daher bereits mehrere Glieder dieser Alkoholreihe = $\left.\begin{matrix}C_{2n}H_{2n-7}\\H\end{matrix}\right\}O_2$. Aber selbst für die Zimmtsäure, die wir (vergl. oben S. 53) als eine Benzoësäure erkannt haben, in welcher 1 At. Wasserstoff durch Acetyl C_4H_3 vertreten ist, hat sich ein entsprechender Alkohol gefunden, dem die generelle Formel $\left.\begin{matrix}C_{2n}H_{2n-9}\\H\end{matrix}\right\}O_2$ zukommen würde. Diese letztre Art von Alkoholen gewinnt für die physiologische Chemie grösseres Interesse durch *Berthelot's*[1]) jüngst gemachte Entdeckung, dass das Cholesterin den Alkoholen und zwar denen dieser Gruppe beizuzählen ist. Den Alkoholen dürfte wohl auch das längst bekannte Phenyloxydhydrat, Carbolsäure, $C_{12}H_6O_2$, anzureihen sein.

Mehratomige Alkohole. Der neuesten Zeit war es vorbehalten, den mehrbasischen Säuren entsprechende mehrsäurige oder mehratomige Alkohole nachzuweisen. Den scharfsinnigen Arbeiten *Wurtz's* verdanken wir die Kenntniss der zweiatomigen Alkohole oder Glycole von der Formel $\left.\begin{matrix}C_{2n}H_{2n}\\H\end{matrix}\right\}O_4$, den nicht minder trefflichen Forschungen *Berthelot's* die der dreiatomigen = $\left.\begin{matrix}C_{2n}H_{2n-1}\\H_3\end{matrix}\right\}O_6$, deren Repräsentant und für die Physiologie wichtigstes Glied das Glycerin ist. Zu dieser letztern Gruppe gehören zweifelsohne Mannit und mehrere süsse Stoffe, die weniger Sauerstoff, als Wasserstoffatome enthalten; ebenfalls durch *Berthelot* ist es endlich wahrscheinlich geworden, dass selbst die bekannten Zuckerarten, die wir schlechthin als Kohlenhydrate bezeichnen, auch den mehratomigen Alkoholen beizuzählen seien.

---

1) *Berthelot*, Compt rend. T. 47, p. 263.

Aus der ersten Gruppe homologer Alkohole sehen wir einzelne Glieder nur sparsam in thierischen Organismen vorkommen. Nur in gewissen Fetten einiger Fische und dem Wachse von Bienen sind sie als basische Bestandtheile gefunden worden; diese Alkohole sind der

Dögling- oder Lethalylalkohol = $C_{24}H_{25}O.HO$.
Methalylalkohol . . . . . = $C_{28}H_{29}O.HO$.
Aethalyl- oder Cetylalkohol = $C_{32}H_{33}O.HO$.
Stethalylalkohol . . . . = $C_{36}H_{37}O.HO$.
Cerotin . . . . = $C_{54}H_{55}O.HO$.
Myricin . . . . = $C_{60}H_{61}O.HO$.

Fettalkohole.

Die vier ersten der genannten Körper wurden von *Heintz*[1]) im Wallrath (ein in der Schädelhöhle und in einigen andern Theilen des Physeter makrokephalus vorkommendes, krystallinisches, wachsartiges Fett) als Basen verbunden mit Laurinsäure, Myristinsäure, Palmitinsäure und Stearinsäure wahrscheinlich gemacht, während man früher den Wallrath nur als palmitin- oder cetylsaures Cetyloxyd = $C_{32}H_{33}O.C_{32}H_{31}O_3$ ansah. Im Fette von Balaena rostrata fand *Scharling* kein Glycerin als Verseifungsproduct und schloss aus der Entstehung einer Säure von der Zusammensetzung = $C_{24}H_{23}O_3.HO$ auf die Existenz des Alkohols $C_{24}H_{25}O.HO$, der sonach mit *Heintz's* Lethalyloxydhydrat identisch sein würde. Das Cerotin hält man für die Fettbasis des chinesischen Wachses und das Myricin, auch Melissyloxydhydrat genannt, für die unsers gewöhnlichen Wachses.

Wir sehen also nur Alkohole höhern Atomgewichts d. h. kohlenwasserstoffreichere im thierischen Organismus vorkommen und hier selbst nur bei Thieren, wo der Respirationsprocess und somit der Oxydationsprocess nicht so lebhaft von Statten geht, wie bei Luftsäugethieren und Vögeln. Indessen darf nicht unbeachtet bleiben, dass die den vier erstren obengenannten Alkoholen entsprechenden Fettsäuren (in ihrer Verbindung mit Glycerin) das eigentliche Fett der Luftsäugethiere und Vögel ausmachen, während die Alkohole selbst ihnen gänzlich fehlen.

Alkohole, welche dem Akrylalkohol homolog wären, hat man in thierischen Organismen noch gar nicht gefunden; ebensowenig ist ein einer aromatischen Säure entsprechender Alkohol bis jetzt nachweisbar gewesen.

Phenyl.

Das Phenyloxydhydrat, $C_{12}H_5O.HO$ scheint zwar seiner generellen Formel nach so wie auch in Berücksichtigung einiger Eigenschaften desselben den aromatischen Alkoholen beigezählt werden zu müssen und wird in der That von Vielen für einen Alkohol gehalten: allein widerspräche dieser Ansicht auch nicht das von den gewöhnlichen Alkoholen durchaus verschiedene Verhalten des Phenylhydrats gegen Oxydationsmittel u. s. w., so

1) *Heintz*, Monatsb. d. Ak. d. Wiss. z. Berlin 1854 S. 562—564.

zeigt der von *Canizzaro*[1]) entdeckte Benzalkohol, $C_{14}H_7O.HO$, (der ihm also so nahe stehen müsste, da er sich nur durch C_2H_2 von ihm unterscheidet), dass diese beiden Körper unmöglich einer Gruppe angehören können; denn nur durch sehr wenig Reactionsmittel werden beide Stoffe in einem Sinne d. h. in einer Richtung umgewandelt, während z. B. Salpetersäure auf beide so ganz verschieden einwirkt; das beweist auch der dem Benzalkohol wirklich homologe Cuminalkohol[2]), $C_{20}H_{13}O.HO$. Dazu kommt aber ausserdem noch, dass wir ein wahres Homologon des Phenylhydrats, welches überdiess dem Benzalkohol isomer ist, in dem von *Williamson*[3]) und *Fairly* entdeckten Hauptbestandtheil des Steinkohlentheerkreosots, dem sog. Cresylhydrat, $C_{14}H_8O_2$, bereits kennen gelernt haben. Das von *Städeler*[4]) im Destillate concentrirten, mit starken Säuren und Alkalien behandelten Harns (von Kühen, Pferden und Menschen) entdeckte Taurylhydrat, dessen Zusammensetzung jedoch nicht ganz genau ermittelt wurde, scheint ebenfalls dem Benzalkohol isomer zu sein; allein sowohl sein chemisches Verhalten als das in jenem Harndestillate gleichzeitige Vorkommen von Phenylhydrat dürften andeuten, dass es wohl eher dem Cresylhydrat identisch ist. Von diesem Taurylhydrat dürfte doch nun wohl ebensowenig als von dem Phenylhydrat anzunehmen sein, dass diese Stoffe präformirt im thierischen Körper vorkommen. *Wöhler* wies zwar im Castoreum geringe Mengen Phenylhydrat nach, allein sollte nicht im Castoreum dieser Körper als Zersetzungsproduct auftreten können, zumal da Salicylverbindungen nach *Wöhler's* Entdeckung darin vorkommen. Das von *Städeler* aus dem Harn dargestellte Phenylhydrat dürfte aber wohl sicher als Kunstproduct anzusehen sein, da das aus dem Harn nach einfachern Methoden darstellbare ätherische Oel nie eine Reaction weder mit neutralem Eisenchlorid noch mit einem andern Reagens auf Phenylhydrat ergiebt. Auch der Harn nach Salicingenuss enthält kein Phenylhydrat.

Tauryl.

Wir haben in dem Obigen (vergl. S. 50—52) die Akrylsäuren, unter welchen die Oelsäure besonders für die Physiologie von Bedeutung war, als eine besondre Gruppe behandelt, obgleich diese Säuren nach der jetzt in der Chemie gerade geläufigen Anschauungsweise nur als Fettsäuren zu betrachten waren, in welchen 1 At. Wasserstoff durch 1 At. Acetyl $= C_4H_3$ ersetzt war. In derselben Beziehung stand die Zimmtsäure zur Benzoësäure (vergl. S. 56). Wir kennen nun einen Zimmtalkohol $C_{18}H_9O.HO$, der in demselben Verhältnisse zum Benzalkohol stehen muss, wie die Zimmtsäure zur Benzoësäure, dessen rationelle Formel also $= C_{14}[H_6.C_4H_3]O.HO$ sein würde. Das Cholesterin, welches bisher eine durchaus räthselhafte Substanz war, glaubt *Berthelot*, wie oben erwähnt, als einen dem Zimmtalkohol homologen Körper $= C_{52}H_{43}O.HO$ erkannt zu haben; denn es gelang ihm in der That aus Cholesterin und Essigsäure, Buttersäure, Stearinsäure oder Benzoësäure durch 8 bis 10 stündiges Erhitzen beider Stoffe in verschlossenen Glas-

Cholesterin. Theoretische Constitution.

1) *Canizzaro*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 88, S. 129 u. Bd. 90, S. 252—254.
2) *Kraut*, ebendas. Bd. 92, S. 66—71.
3) *Williamson*, ebendas. Bd. 92, S. 319—321.
4) *Städeler*, Nachr. d. k. G. d. W. zu Göttingen 1850, S. 233—243.

röhren auf 200° neutrale Verbindungen jener Säuren mit Cholesterin herzustellen. Folgt man dieser Hypothese *Berthelot's*, so würde dem Cholesterinalkohol eine Säure von der Zusammensetzung $C_{52}H_{41}O_3.HO$ entsprechen müssen. Eine solche ist aber bis jetzt noch nirgends in thierischen Organismen vorgefunden worden.

Darf man einmal Hypothesen Raum geben, so möchten wir der Berthelot'schen eine andre an die Seite stellen, die zunächst von der unwahrscheinlichen Annahme einer der Zimmtsäure homologen aromatischen Säure von so hohem Atomgewichte absieht, dagegen mehrere in bestimmten physiologischen Beziehungen zu einander stehende Stoffe auch in nachweisbare chemische bringt. Hat man sich den jetzt gültigen Anschauungen zufolge erlaubt, die Oelsäure als eine Palmitinsäure anzusehen, in welcher 1 At. Wasserstoff durch 1 At. C_4H_3 ersetzt ist, so könnte jene hypothetische Cholesterinsäure als eine Palmitinsäure angesehen werden, in welcher 5 At. Wasserstoff durch 5 At. C_4H_3 vertreten sind, denn $C_{32}(H_{26}.5C_4H_3)O_3.HO = C_{52}H_{41}O_3.HO$ und darnach würden wir das Cholesterin als einen Palmitinalkohol oder als Cetyloxydhydrat ansehen können, in welchem ebenfalls 5 At. Wasserstoff durch 5 At. C_4H_3 substituirt sind; denn $C_{32}(H_{28}.5C_4H_3)O.HO = C_{52}H_{43}O.HO$. Der oben S. 69 aufgestellten Hypothese über die theoretische Constitution der Cholsäure liesse sich aber eine andre anreihen, wornach diese Säure eine Oelsäure sei, in welche anstatt 3 At. Wasserstoff 3 At. Essigsäureradical = $C_4H_3O_2$ eingetreten seien; denn $C_{36}(H_{30}.3C_4H_3O_2)O_3.HO = C_{48}H_{39}O_9.HO$. Auf diese Weise liesse sich wenigstens ein chemischer Zusammenhang zwischen Palmitinsäure, Oelsäure, Cholsäure, Cholesterin und Cetylalkohol ahnen.

Vorkommen in der Galle,

Das Cholesterin ist zuerst als Bestandtheil der Galle erkannt worden, nachdem man gefunden hatte, dass die bei weitem grösste Mehrzahl der sogenannten Gallensteine hauptsächlich aus diesem Stoffe bestehen. In normaler Galle ist das Cholesterin theils durch die Seifen derselben theils durch das taurocholsaure Natron aufgelöst; nur in sehr seltnen anomalen Fällen trifft man dasselbe in der Galle suspendirt an. Der normale Gehalt der Galle an Cholesterin ist noch nicht genau quantitativ bestimmt. Da die Galle sich in den Darm ergiesst, so ist es selbstverständlich, dass auch in den Darmcontentis und den Excrementen, namentlich in dem Mekonium der Neugebornen Cholesterin angetroffen wird.

im Blute.

Das Cholesterin ist aber auch ein constanter Bestandtheil des Blutes. Nach *Becquerel* und *Rodier* [1]) (die aber nach der von ihnen angewendeten Methode ein mit andern Fetten verunreinigtes Cholesterin als solches bestimmt haben) ist der Gehalt des normalen Blutes an diesem Stoffe sehr schwankend, nämlich zwischen 0,025% und 0,200%. Nach denselben Autoren nimmt der Gehalt des Blutes an Cholesterin im hohen Alter zu, hauptsächlich aber beim Eintritte jeder acuten Krankheit, namentlich von Entzündungen, aber auch im Icterus.

---

1) *Becquerel* und *Rodier*, Gaz. méd. 1846 No. 47.

Vorkommen in Transsudaten, Als Bestandtheil des Blutes geht das Cholesterin sehr leicht mit in die Transsudate über und sammelt sich namentlich in der Flüssigkeit bei Hydrops saccatus, besonders bei Hydrocele, zuweilen in so grosser Menge an, dass die Flüssigkeit beim Umrühren perlmutterglänzende Streifen bildet oder überhaupt einen dünnen Brei von Cholesterinkrystallen darstellt.

in Exsudaten, In Exsudaten tritt das Cholesterin besonders dann in grosser Menge auf, wenn nach völligem Ablauf des Entzündungsprocesses das Exsudat nicht zur vollkommenen Resorption gelangt. Wie in andern Fällen oft Fett an die Stelle des resorbirten albuminösen Exsudats tritt, so oft auch Cholesterin; besonders ist diess bei dem sog. atheromatösen Processe der Fall, der die Arterien zu ergreifen pflegt, aber auch in obsolescirenden Tuberkeln, alten Echinococcusbälgen, degenerirten Hoden und Eierstöcken, in Balggeschwülsten (Melliceris), Cholesteatomen und auch zuweilen in Carcinomen. Aber auch im Eiter ist dieser Stoff als normaler Bestandtheil enthalten, über dessen Menge man bei der mikroskopischen Untersuchung sauer gewordenen Eiters den besten Begriff erhält.

im Gehirn, Stark hervortretend und, wie es scheint, wesentlich ist der Gehalt des Gehirns und der Nervenmasse an Cholesterin; *v. Bibra* fand in dem Gesammtfett der Hirnmasse 30 bis 33% Cholesterin.

im Dotter. Auch im Eidotter der Vögel und Fische ist dieser Körper als normaler Bestandtheil nachweisbar; *Gobley* bestimmt denselben zu 0,438%.

Sollte die oben aufgestellte Hypothese über die möglichen Beziehungen zwischen Cholesterin, Fettsäuren, Cetylalkohol und Cholsäure durch weitere chemische Thatsachen sich bestätigen: so würde sich leicht eine Ansicht über die Genesis und Umwandlung des Cholesterins im Entstehung. thierischen Organismus aufstellen lassen. Seine constante Vermehrung in Krankheiten und in hohem Alter, während es bei keiner Krankheit und unter keinem physiologischen Einflusse ganz zu verschwinden pflegt, deutet darauf hin, dass es seine Entstehung und Vermehrung wohl hauptsächlich einer Störung des Oxydationsprocesses im Blute verdankt, worauf auch sein Auftreten in obsolescirenden Exsudaten, in denen die Gefässthätigkeit sehr gering ist, hinzudeuten scheint.

Physiologischer Werth. Ob ihm bei der Function des Nervensystems eine bestimmte Rolle zugewiesen sei, lässt sich nicht einmal ahnen. Alles deutet eben darauf hin, dass es in der Galle nur als zufälliges Excret auftrete, während es seiner Hauptmasse nach wohl im Blute weiter oxydirt wird.

Dokimasie. In thierischen Flüssigkeiten, in welchen das Cholesterin suspendirt vorkommt, so wie in den meisten abnormen Ablagerungen reicht oft die mikroskopische Untersuchung aus, um die Anwesenheit dieses Stoffs zu constatiren. Sehr schwierig ist es dagegen nicht selten, diesen Körper mit Bestimmtheit nachzuweisen, wenn er amorph abgeschieden in einem Exsudate vorkommt oder in einer Flüssigkeit durch die darin enthaltenen Seifen aufgelöst ist. Man wird in den letztern Fällen zunächst ein alkoholisches Extract zu bereiten und dieses mit Aether zu extrahiren haben. In den Aether gehen zwar

die Seifen nur zu geringerer Menge über, die unverseiften Fette aber vollständig. Lässt man diese ätherische Lösung spontan verdunsten, so findet man im Rückstande gewöhnlich die characteristischen Krystallplättchen dieses Körpers; oft bleibt er aber auch im öligen Fett aufgelöst. Da seine Lösungen die Ebene des polarisirten Lichts nach links drehen, die andrer Fette aber nicht, so empfiehlt *Hoppe* zur Erkennung desselben das Polarisationsinstrument. Ist das letztre nicht zu Handen, so muss man die Fette verseifen, und die alkoholische Lösung mit Wasser verdünnen, wo ein Theil der Seifen gelöst bleibt, ein andrer sich mit dem Cholesterin ausscheidet. Nimmt man das Ausgeschiedene in heissem Alkohol auf, so erreicht man durch Erkaltenlassen oder Abdampfen oft doch noch das Ziel, mikroskopisch messbare Krystalle zu erhalten. Gelingt aber auch diess nicht, so fälle man die alkoholische Seifenlösung mit einer alkoholischen Lösung von essigsaurem Bleioxyd und filtrire kochend; etwas fettsaures Bleioxyd wird dadurch aufgelöst und scheidet sich mit dem Cholesterin aus, allein auch hier gelingt es oft noch nicht, Krystalle zu erhalten; man dampfe daher die filtrirte Flüssigkeit sammt dem beim Erkalten wieder ausgeschiedenen fettsauren Bleioxyd ein und extrahire mit kaltem Aether; in diesem löst sich vom Bleisalze nur wenig, das Cholesterin aber vollständig; beim Verdunsten krystallisirt das letztre, wenn es überhaupt vorhanden.

Dokimasie.

Das Cholesterin bildet fast immer, sei es aus alkoholischer oder ätherischer Lösung ausgeschieden oder finde es sich in thierischen Objecten bereits isolirt vor, rhombische Tafeln, deren spitzer Winkel nach der zuerst von *C. Schmidt* ausgeführten Messung $= 79^0\ 30'$ beträgt. Die Tafeln sind bisweilen so dünn, dass sie bei oberflächlicher Betrachtung oder bei nicht genügender Benutzung des Diaphragmas leicht übersehen werden können. *Virchow* und *Hoppe* haben mit Recht hervorgehoben, dass das Cholesterin sich zuweilen in rhombischen Tafeln ausscheidet, die leicht für rechtwinklige angesehen werden können, in diesen hat der spitze Winkel $= 87^0\ 30'$. Auf beistehender Figur sind oben und seitlich rechts und links Gruppen der gewöhnlichen Tafeln abgebildet; mehr nach unten rechts findet sich eine Gruppe der letzterwähnten nahezu rechtwinkligen Tafeln, über diesen dagegen eine Gruppe von Cholesterintafeln, deren spitze Winkel $57^0\ 20'$ gefunden wurden.

Formen des Cholesterins,

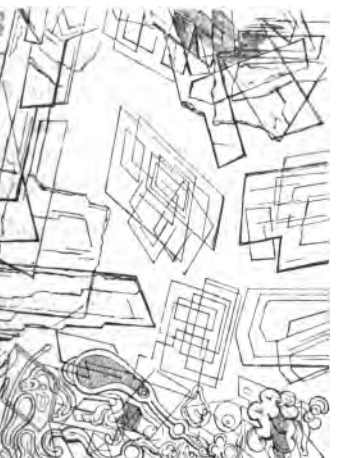


Fig. 34.

Der untre Theil der Figur stellt aus alkoholischer heisser Lösung abgeschiedenes Hirnfett dar, in welchem Cholesterintafeln wahrzunehmen sind. Aus dieser Masse ragt rechts eine Tafel hervor, welche nicht aus Cholesterin besteht, sondern mit der Substanz der Gruppe von Krystallen identisch ist, welche unmittelbar darüber verzeichnet sind. Die Winkel dieser klinometrischen Krystalle betragen

Serolins und Cerebrins.

157° 15′, 99° 45′ und 103° 0′; diese finden sich in dem Fettgemeng, welches man Serolin genannt hat; das Original zu vorliegender Zeichnung stammte aus Froschblut her.

Aus ätherischen Lösungen scheidet sich das Cholesterin zuweilen in dickern Tafeln aus, die, oft radial gruppirt, grosse Drusen bilden.

Besondre chemische Reactionen.

Nach *Moleschott's* Erfahrung werden durch ein Gemeng von 5 Theilen Schwefelsäure (spec. Gew. = 1,85) und 1 Th. Wasser die Ränder der Cholesterintafeln carminroth, die Farbe geht allmälig in Violett über, nachdem die Krystalle selbst verschwunden sind; durch Jod und concentrirte Schwefelsäure oder (anstatt der letztern) syrupartiges Chlorzink wird reines Cholesterin blau, unreines violett, röthlich oder überhaupt missfarbig. So interessant diese Reaction an sich ist, so dürfte sie doch, da ähnliche Erscheinungen auch bei manchen andern Körpern durch jene Agentien bedingt werden, zur Erkennung des Cholesterins nicht sehr empfehlenswerth sein.

Serolin.

Das Serolin ist nichts als ein Gemeng der hauptsächlich im Blutserum enthaltenen, krystallisirbaren Fette; eines derselben ist oben in der Fig. 34 bezeichnet und beschrieben; dasselbe findet sich auch im Eidotter neben Cholesterin.

Castorin und Ambrin.

Das Castorin, welches nur im Bibergeil und das Ambrin, welches nur in der Ambra gefunden wurde, sind chemisch noch sehr wenig untersucht; doch möchte bei einer etwaigen Untersuchung daran zu denken sein, dass, da diese Stoffe bisher ebenfalls wie das Cholesterin für unverseifbare Fette gehalten wurden, sie entweder dem Cholesterin homologe oder typisch analoge Stoffe oder vielleicht gar, wie *Berthelot* in Bezug auf andre Stoffe muthmasst, Verbindungen des Cholesterinalkohols mit Säuren seien.

Als zweiatomiger Alkohol ist bis jetzt noch kein im Thierkörper vorkommender Stoff erkannt worden; dagegen ist die Basis unsrer neutralen Fette, das sog. Glycerin, der Repräsentant der dreiatomigen Alkohole.

Glycerin. Chemische Bedeutung.

In Folge der in neuester Zeit erheblich erweiterten Kenntniss der chemischen Qualitäten des Glycerins hat dasselbe auch für die Physiologie sehr an Bedeutung gewonnen. Zu dieser Erweiterung der chemischen Kenntnisse trugen insbesondre *Berthelot's* [1]) Forschungen bei; derselbe zeigte nicht nur, dass es ein dreiatomiger Alkohol = $C_6H_5O_3.3HO$ oder $\left.\begin{matrix}C_6H_5\\H_3\end{matrix}\right\} O_6$ sei, sondern er lehrte auch sämmtliche thierische und viele pflanzliche Fette künstlich darstellen.

Die thierischen Fette sind nach dieser Anschauungsweise meistens nur solche Glycerinverbindungen, in welchen alle 3 Atome Wasser des Glycerins durch die Fettsäure ersetzt sind, also Stearin = $C_6H_5O_3 + 3C_{36}H_{35}O_3$, Palmitin = $C_6H_5O_3 + 3C_{32}H_{31}O_3$, Olein $C_6H_5O_3 + 3C_{36}H_{33}O_3$. Bekanntlich hat man das Stearin des Rindstalgs nicht von gleicher Zusammensetzung wie das des Schöpstalgs gefunden; sollte das eine oder das andre nicht etwa noch mit

1) *Berthelot*, Compt. rend. T. 37, p. 398—406. T. 38, p. 668—673 et T. 43, p. 98—102.

anderm Fett verunreinigt gewesen sein, so wäre es glaublich, dass das eine Tristearin, das andre aber Distearin = $C_6H_5O_3.HO+2C_{36}H_{35}O_3$ sei. Die natürlich vorkommenden neutralen Fette sind aber ihrer schwierigen Darstellbarkeit wegen in dieser Beziehung noch nicht genau untersucht.

Künstliche Bildung neutraler Fette.

Die künstliche Bildung der neutralen Fette erzielte *Berthelot* hauptsächlich auf dreierlei Weise, nämlich erstens durch Einwirkung einer höhern Temperatur auf die mit dem Glycerin in einer an beiden Enden zugeschmolzenen Röhre eingeschlossene Fettsäure; zweitens durch Zersetzung der Aethyl- oder Methylverbindung einer Fettsäure durch Glycerin und endlich durch Einwirkung trockner Salzsäure auf mit der Fettsäure gemengtes, syrupdickes Glycerin.

Künstliche Erzeugung des Glycerins.

Das Glycerin selbst wurde auch künstlich dargestellt, und zwar zuerst von *Wurtz*[1]) und später auch von *Berthelot* und *de Luca*[2]) aus dem sog. Tribromhydrin $C_6H_5Br_3$ (aus Jodpropylen und Brom gewonnen), indem dieses mit essigsaurem Silberoxyd behandelt ward: es bildet sich dabei Triacetin d. h. Glycerin mit 3 At. Essigsäure verbunden ($C_6H_5Br_3+3AgO.C_4H_3O_3=3AgBr+C_6H_5O_3+3C_4H_3O_3$).

Pasteur[3]) hat unter den Producten der weinigen Gährung zuckerhaltiger Flüssigkeiten constant auch Glycerin entdeckt; es scheint sonach sich bei der Gährung aus Zucker bilden zu können; denn wenn sich *Pasteur's* Behauptung bestätigt, dass oft 3% Glycerin vom angewendeten Zucker gebildet würden, so schliesst diess den Gedanken aus, dass das Glycerin etwa von den den gährenden Flüssigkeiten beigemengten Fetten herrühren könne.

So wie sich aus den einatomigen Alkoholen durch Verlust von 2 At. Wasserstoff und Zutritt von 2 At. Sauerstoff entsprechende einatomige Säuren bilden (z. B. Weingeist = Essigsäure, $C_4H_6O_2+4O=2HO+C_4H_4O_4$), so hat *Wurtz* auch von den zweiatomigen Alkoholen nachgewiesen, dass diese unter geeigneten Verhältnissen mit Verlust von 2 At. Wasserstoff und Aufnahme von 2 At. Sauerstoff sich in entsprechende Säuren umwandeln können (z. B. Glycol in Glycinsäure $C_4H_6O_4+4O=2HO+C_4H_4O_6$ und Propylglycol in Milchsäure $C_6H_8O_4+4O=2HO+C_6H_6O_6$). Ueber die Umwandlung dieser Säuren durch einen ganz ähnlichen Process in die entsprechenden Säuren der Oxalsäuregruppe s. oben S. 46.

Umbildung des Glycerins in gährungsfähigem Zucker.

Es liess sich sonach erwarten, dass auch der dreiatomige Alkohol, das Glycerin, eine ähnliche Umwandlung erleiden und unter Verlust von 2 At. Wasserstoff und Aufnahme von 2 At. Sauerstoff in eine Säure übergehen könne nach der Formel $C_6H_8O_6+4O=2HO+C_6H_6O_8$. Eine solche Säure ist nun auch fast gleichzeitig von *Debus*[4]) und *Socoloff*[5]) durch Einwirkung von Salpetersäure auf Glycerin dargestellt worden. Eine sehr bemerkenswerthe chemische Erfahrung ist noch von *Berthelot*[6])

1) *Wurtz*, Compt. rend. T. 44, p. 780—782.
2) *Berthelot et de Luca*, ebendas. T. 45, S. 178—180.
3) *Pasteur*, ebendas. T. 46, S. 857.
4) *Debus*, Philos. Mag. and Journ. of Sc. Ser. 4. V. 15, p. 196—206.
5) *Socoloff*, Ann. der Ch. u. Pharm. Bd. 106, S. 95—108.
6) *Berthelot*, Compt. rend. T. 44, p. 1002—1006.

kund gegeben worden, dass nämlich das Glycerin durch mehrere stickstoffhaltige Substanzen (Albuminate) und thierische Gewebe, besonders das des Hodens, in einen gährungsfähigen Zucker übergeht.

Vorkommen. Das Glycerin ist bis jetzt noch in keiner thierischen Flüssigkeit im isolirten Zustande gefunden worden, möglicher Weise nur deshalb, weil nicht sorgfältig genug darnach gesucht wurde. Es findet sich nur als Basis der sog. neutralen Fette, von deren physiologischen Werthe bereits oben (S. 40—43) die Rede gewesen ist. Diese neutralen Fette, dem thierischen Organismus grösstentheils von aussen zugeführt, werden in demselben nicht nur hie und da abgelagert (s. oben S. 40 ff.) oder bald langsamer bald schneller verbrannt, sondern sie werden wohl zum grossen Theil erst in ihre nähern Bestandtheile, in die entsprechenden Fettsäuren und Glycerin zerlegt. Die erstern finden wir an Alkalien gebunden im Blute, in der Galle und vielen andern thierischen Flüssigkeiten, das Glycerin aber entgeht meistens unserer Beobachtung. Zwar sehen wir öfter da Glycerin auftreten, wo wir Phosphorsäure an organische ölige Materien gebunden vorfinden z. B. im Fett der Blutkörperchen, in dem des Gehirns und des Eidotters, so dass *Gobley* in den genannten Fettgemengen Glycerinphosphorsäure selbst zu finden glaubte: allein die Mengen des dort auftretenden Glycerins sind im Verhältniss zu den dem Thierkörper zugeführten und in ihm zu Grunde gehenden neutralen Fetten viel zu gering, als dass sie die nächsten Umwandlungsproducte der neutralen Fette repräsentiren könnten. Auch ist kein Grund anzunehmen, dass das Glycerin etwa im Blute leichter verbrenne, als die von ihm getrennten Fettsäuren. Im Gegentheil möchten die letztern wegen ihrer Verbindung mit Alkalien dem Oxydationsprocesse leichter unterliegen.

Physiologische Bedeutung. Um die Verwendung des Glycerins im thierischen Organismus zu erklären, möchte man daher einer andern Hypothese Raum geben, welche nicht bloss durch mehrere der oben angeführten chemischen Thatsachen, sondern auch durch exacte physiologisch chemische Forschungen gestützt ist. Wir sahen aus der nachgewiesenen Existenz einer Glycerinsäure, dass diese sich zum Glycerin genau so verhält, wie die Essigsäure zum Alkohol. Nun wissen wir aber, dass zwischen dem Alkohol und der Essigsäure noch ein Mittelglied, das Aldehyd, mitten inne steht, welches aus dem Alkohol nur durch Entziehung von 2 At. Wasserstoff hervorgeht. Bei der durchgreifenden Analogie dieser Körper ist die Annahme nicht ganz ungerechtfertigt, dass auch ein Aldehyd des Glycerins darstellbar sei oder sich im thierischen Organismus bilden könne. Dieses Aldehyd müsste aber in Analogie mit dem Alkoholaldehyd die Zusammensetzung $C_6H_6O_6$ haben (denn $C_6H_8O_6 + 2O = 2HO + C_6H_6O_6$). Dasselbe würde also ein Kohlenhydrat sein, isomer oder polymer der gährungsfähigen Glycose. Die oben erwähnte Entdeckung *Berthelot's*, wornach aus Glycerin in Berührung mit thierischen Häuten ein gährungsfähiger Zucker gebildet werden kann, scheint eine nähere

Begründung für die Existenz eines solchen Glycerinaldehyds abzugeben.

Fassen wir von diesem Gesichtspunkte aus die folgenden physiologischen Thatsachen auf, nämlich erstens dass viel mehr Fett mit dem Pfortaderblute der Leber zugeführt, als durch die Lebervenen ausgeführt wird, dass ferner in der Galle besonders fettsaure Alkalien und die vielleicht aus den Fettsäuren hervorgehende harzige Gallensäure (Cholsäure) enthalten ist, und dass endlich in der Leber eine sehr grosse Menge gährungsfähigen Zuckers gebildet wird: so möchte vorläufig der Gedanke nicht ganz von der Hand zu weisen sein, dass das Glycerin der neutralen Fette, welche (auch nach Bidder's und Schmidt's statistisch-physiologischen Versuchen) in der Leber grossentheils zersetzt werden, zur Bildung des in der Leber erzeugten Zuckers wesentlich beitrage, und es wäre somit auch das räthselhaft schnelle Verschwinden des Glycerins im thierischen Haushalt genügend erklärt.

Es würde Chemie wie Physiologie gleichmässig missverstehen heissen, wenn man etwa glauben wollte, somit sei erwiesen, dass der Krümelzucker das Aldehyd des Glycerins sei, und dass in der Leber das Glycerin ohne Weiteres in Zucker übergehe. Im Gegentheil spricht mehr als eine Thatsache gegen die Annahme des Zuckers als Aldehyd des Glycerins (obgleich schon vor langer Zeit manche Chemiker die Zuckerarten als Aldehyde betrachtet wissen wollten); Zucker müsste dann durch Salpetersäure oder durch die Reduction des Kupfer- oder Silberoxyds die oben erwähnte Glycerinsäure liefern, sich mit sauren schwefligsauren Alkalien verbinden und mehr dergleichen Eigenschaften besitzen, die ihm nicht zukommen. Man muss sich dagegen das Verhältniss des Zuckers zum Glycerinaldehyd etwa so vorstellen, wie das des noch hypothetischen Glycoläthers $\left.\begin{matrix}C_4H_4\\C_4H_4\end{matrix}\right\} O_4$ zum Aldehyd $\begin{matrix}C_4H_3O_2\\H\end{matrix}$; beide sind durch die empirische Formel $C_4H_4O_2$ darstellbar. Und doch wies *Wurtz* vor Kurzem nach, dass das Glycol in Aldehyd übergeführt werden könne. In ähnlicher Weise wird man sich denken müssen, dass das eigentliche Aldehyd des Glycerins $C_6H_6O_6$ in der Leber eine Umsetzung seiner Atome zur Bildung des Zuckers $C_{12}H_{12}O_{12}$ erleide. Hat doch auch *Bernard* nachgewiesen, dass in der Leber eine Substanz abgelagert sei, aus welcher erst allmälig der gährungsfähige Zucker hervorgebildet werde. Ja *Bernard's* glykogene Substanz dürfte noch keineswegs als das wahre Glycerinaldehyd zu betrachten sein.

Dokimasie.

Das Glycerin hat im isolirten Zustande so viele Eigenschaften mit dem, was man gewöhnlich Extractivstoff nennt, gemein, dass es allerdings sehr schwierig ist, sich mit einiger Sicherheit von dessen Anwesenheit in einer thierischen Flüssigkeit zu überzeugen. Denn es ist nicht krystallisirbar, syrupös, haftet andern Stoffen leicht an, dient manchen Stoffen als Lösungsmittel, die sich sonst in reinem Wasser oder Alkohol nicht lösen, verhindert deren Krystallisation, bräunt sich an der Luft, tritt leicht aus seinen Verbindungen mit Mineralsäuren wieder aus u. s. w. Eine empfindliche, augenfällige Reaction giebt es mit keiner Substanz, seine festern Verbindungen sind zu schwierig herzustellen, als dass man sich deren als Erkennungsmittel be-

Dokimasie. dienen könnte. Die einzige Reaction des Glycerins, die mit einiger Aussicht auf Erfolg in Anwendung gebracht werden kann, ist seine Eigenschaft, mit wasserfreier Phosphorsäure oder besser mit doppeltschwefelsaurem Kali erhitzt, Akroleïn zu liefern, welches allerdings an seinem eigenthümlichen Geruche für Jeden erkennbar ist, der dasselbe einmal gerochen. Indessen wird doch selbst dieser intensive Geruch oft verdeckt oder lässt Grund zum Zweifel übrig, wenn neben geringen Mengen Glycerin grössere Mengen anderer Stoffe vorhanden sind. Man muss daher auch das Glycerin vorher möglichst zu isoliren suchen, ehe man jene Reaction in Ausführung bringt. Eine allgemeiner anwendbare Methode zur Erreichung dieses Zwecks lässt sich nicht aufstellen; es kommt im Wesentlichen darauf an, ein alkoholisches Extract zu bereiten, wodurch zunächst die nur in Wasser löslichen Stoffe eliminirt werden; das alkoholische Extract ist dann mit Aether zur Entfernung der Fettsäuren und dergl. zu behandeln; es gilt nun zu ermitteln, welche Stoffe mit dem Glycerin gemengt zurückbleiben; diese muss man in Verbindungen zu verwandeln suchen, die in Wasser oder wenigstens in Alkohol unlöslich sind, krystallisiren lassen, was krystallisirbar ist, dann mit essigsaurem Bleioxyd behandeln, und die filtrirte Flüssigkeit mittelst Schwefelwasserstoff von Blei und dadurch gleichzeitig von farbigen Stoffen befreien; endlich abdampfen und nochmals mit Aether extrahiren, um dann die Erzeugung von Akroleïn versuchen zu können. Es möchte der Gedanke nahe zu liegen scheinen, das Glycerin durch glasige Phosphorsäure in Glycerinphosphorsäure zu verwandeln und diese daran zu erkennen, dass ihr Kalksalz zwar in kaltem Wasser löslich ist, beim Erhitzen aber daraus niederfällt; allein nur selten möchte diess zum Ziele führen, da der Versuch mit geringen Mengen von Glycerin gar nicht ausführbar ist; denn das Glycerin trennt sich allzu leicht von der Phosphorsäure.

Zuckerarten. An das Glycerin schliessen sich in der theoretischen Chemie gewisse Stoffe an, welche man früher allgemein als nicht gährungsfähige Zuckerarten bezeichnete, wie Mannit, Pinit, Quercit, Dulcin und Erythroglucin. Diese Stoffe sind aber nach *Berthelot's* Untersuchungen gleich dem Glycerin mehratomige Alkohole; sie enthalten immer mehr Wasserstoff- als Sauerstoffatome und unterscheiden sich dadurch von den sog. Kohlenhydraten, von denen sie sich übrigens auch dadurch unterscheiden, dass sie bei einer Temperatur von 200 bis 250^0 noch nicht zersetzt und durch starke Säuren selbst bei 100^0 noch nicht verändert werden. Keiner dieser Stoffe, ausser dem Glycerin, spielt im thierischen Organismus eine Rolle.

Zuckerarten.

Wir treten mit den Zuckerarten an diejenigen Stoffe heran, die, obwohl für die thierische Stoffmetamorphose zum Theil von der höchsten Bedeutung, doch von den jetzt in der Chemie gerade gültigen Anschauungen über die theoretische Zusammensetzung organischer Stoffe keine Aufklärung erhalten und die uns daher von rein chemischer Seite nur wenig Anhaltspunkte für ihre physiologische Betrachtungsweise darbieten.

Eintheilung.

Was nun zunächst die Zuckerarten betrifft, so haben sich deren vor Kurzem noch wenig zahlreiche Species und Subspecies durch neuere Untersuchungen erheblich vermehrt. Um den Rohrzucker allein haben sich noch mehrere ihm zum Theil sehr ähnliche, aber doch wesentliche Verschiedenheiten zeigende Stoffe gruppirt, wie Melitose, Melezitose, Trehalose und Mykose. Diese Stoffe bilden meist ziemlich grosse Krystalle, gehen nur langsam oder schwierig in Gährung über, werden von Alkalien bei 100° nicht zerstört, reduciren das Kupferoxyd in alkalischer Lösung nicht, und haben im wasserfreien Zustande (d. h. bei 130° getrocknet) sämmtlich eine Zusammensetzung, die der empirischen Formel $C_{12}H_{11}O_{11}$ entspricht. Durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure werden sie sämmtlich in jene Zuckerarten verwandelt, die man früher unter dem Namen Krümelzucker, Glykose u. s. w. für identisch ansah.

Rohrzuckerarten.

Krümelzuckerarten.

Diese Glykosezucker bilden eine besondre Gruppe von Zuckerarten, welche, schwer oder nicht krystallisirbar sind, mit Hefe leicht in Gährung übergehen, durch verdünnte Alkalien beim Kochen ihrer Lösungen in dunkelgefärbte, unkrystallisirbare Materien verwandelt werden, Kupferoxyd unter Vermittlung von ätzenden Alkalien zwar gleich den Rohrzuckerspecies leicht mit lasurblauer Farbe auflösen, aber dasselbe schnell beim Kochen, langsam auch bei gewöhnlicher Temperatur, zu Kupferoxydul reduciren. Für aller dieser Stoffe Zusammensetzung scheint die empirische Formel $C_{12}H_{12}O_{12}$ (im wasserfreien Zustande) zu gelten. Von ihnen kennt man bis jetzt den Trauben- oder Krümelzucker (Glykose), Malzzucker, Fruchtzucker, Holzfaserzucker und die Lactose.

An diese zwei Gruppen von Zucker schliessen sich noch die drei thierischen Zuckerstoffe, Milchzucker, Inosit und Scyllit an. Das Bereich der Zuckerarten hat somit in neuerer Zeit eine grosse Ausdehnung gewonnen, aber kaum sind wir dadurch aufgeklärter geworden, welches ihre innere atomistische Constitution sein möge nach den uns jetzt geläufigen Theorien.

Theoretische Constitution.

Nachdem man neben dem Glycerin den Mannit und die im vorigen Abschnitte genannten süssen Stoffe als mehrbasische Alkohole erkannt hatte, mochte man wohl geneigt sein, auch diesen Zuckerarten, in welchen immer gleiche Aequivalente Wasserstoff und Sauerstoff neben 6, 12 oder 24 Aequ. Kohlenstoff gefunden wurden (Kohlenhydrate), den Character von Alkoholen beizumessen. In der That scheinen einigen Versuchen *Berthelot's* nach die in die Rohrzuckergruppe gehörigen Stoffe den mehratomigen Alkoholen beigezählt werden zu können, da sie mit Stearinsäure, Benzoësäure u. s. w. auf 180° erhitzt, kleine Mengen neutraler den Fetten ähnlicher Verbindungen liefern. Dagegen ist etwas dem ähnliches von den Glykosearten nicht bekannt. Man könnte diese letztern der oben (S. 134) gemachten Andeutung nach für Aldehyde jener dreiatomigen Alkohole, wie Glycerin, Mannit u. s. w. halten, und man hat diese Hyothese auch schon anderweit ausgesprochen: allein die Subtraction von Wasserstoff auf dem Papiere und etwa ihre Eigenschaft,

Kupfer- und Silberoxyd zu reduciren, kann unmöglich dazu ausreichen, um ihre Natur als Aldehyde für erwiesen zu halten. Giebt es doch noch so viel andre Stoffe, welche ebenfalls Kohlenhydrate sind und mit gleichem Rechte für die Aldehyde jener mehratomigen Alkohole gehalten werden könnten. Giebt es ein Aldehyd des Glycerins, so muss seine Zusammensetzung $= C_6 H_6 O_6$ sein, allein wegen dieser empirischen Formel braucht es ebensowenig ein gährungsfähiger Zucker zu sein, als es identisch mit der Milchsäure sein kann. Wie viele andre Körper, die keine Aldehyde sind, reduciren aber das Kupferoxyd? Die Physiologie nimmt nur in sofern Act von der Isomerie der hypothetischen Aldehyde jener mehratomigen Alkohole und der Kohlenhydratzuckerarten, als dadurch ein Uebergang jener in diese innerhalb des thierischen Organismus etwa ebenso als möglich gedacht werden kann, wie bei der Milchgährung die Umsetzung des Rohr-, Krümel- oder Milchzuckers in Milchsäure.

Krümelzucker.

Krümelzucker, $C_{12}H_{12}O_{12} + 2HO$, nennen wir den schwer krystallisirbaren und leicht gährungsfähigen Zucker des thierischen Organismus, mögen auch vielleicht verschiedene Subspecies dieses Zuckers in verschiedenen Theilen des Thierkörpers anzutreffen sein.

Vorkommen

Ueber das Vorkommen dieses Zuckers in einzelnen thierischen Flüssigkeiten oder Organen sind in neuerer Zeit so viele Untersuchungen angestellt worden, dass man diesen Gegenstand wo nicht für erschöpft, so doch für genügend aufgeklärt halten sollte; allein dem ist leider nicht so. Denn während man rücksichtlich des anatomisch-physiologischen Theils der Versuche oft mit grosser Sorgfalt zu Werke ging, hat man in der unbegreiflichsten Weise alle Vorsichtsmaassregeln, die bei Anwendung eines jeden Reagens und der Zuckerproben insbesondre zu beachten sind, völlig aus den Augen gesetzt und ist dadurch zu den irrigsten und widersprechendsten Resultaten gelangt[1]). Nur die folgenden Angaben über das Vorkommen dieses Stoffs sind als constatirt zu betrachten.

in den ersten Wegen,

In den ersten Wegen findet man stets Zucker nach Genuss zucker- oder stärkemehlhaltiger Nahrungsmittel; indessen ist die Menge desselben gewöhnlich gering; der Grund davon ist der, dass, wenn selbst grössere Mengen Zucker aufgenommen worden sind, dieser sich positiven Versuchen zufolge ausserordentlich schnell im ganzen Verlaufe des Dünndarms bis zum Cöcum verbreitet, während nach Genuss von Stärkmehl (selbst gekochtem) die Umwandlung in Zucker nur allmälig geschieht; in dem einen wie in dem andern Falle der Zucker aber schnell resorbirt wird.

im Chylus.

Im Chylus sind nach stärkmehlhaltiger Kost verhältnissmässig geringe Mengen Zucker nachweisbar, aber selbst nach reiner Fleischkost pflegt der Chylus wenigstens Spuren von Zucker zu enthalten.

---

1) Vergl. *Lehmann*, Schmidt's Jahrbb. f. ges. Medicin, Jahrg. 1858 Bd. 97, S. 1—14.

Im Blute verschiedener Gefässe ist der Zuckergehalt sehr verschieden. In dem der Pfortader findet sich keine Spur Zucker nach Fleischgenuss; selbst nach Aufnahme von Amylaceen ist der Gehalt dieses Bluts an Zucker nur gering. Das Blut der Lebervenen ist dagegen in beiden Fällen so reich daran, dass selbst bei den sorgfältigsten quantitativen Bestimmungen sich in dem Lebervenenblute nach Pflanzenkost kaum ein Plus von Zucker über den in demselben Blute nach Fleischkost enthaltenen constatiren lässt.

Vorkommen im Blute,

In der Lymphe sind gewöhnlich sehr geringe Mengen von Zucker nachzuweisen, besonders in der jener Lymphgefässe, welche aus der Leber entsprungen sind; daher findet man auch im Inhalte der Chylusgefässe völlig nüchterner Thiere nicht selten etwas Zucker.

in der Lymphe,

Im Weissen so wie im Dotter der Vögeleier findet sich constant Zucker (trocknes Albumen enthält 5 bis 8% Krümelzucker); in den ersten Tagen der Bebrütung scheint der Zuckergehalt des Eies etwas zuzunehmen.

in Eiflüssigkeiten,

In der Amnios- und Allantoïsflüssigkeit der pflanzenfressenden Thiere ist immer Zucker enthalten.

Schlossberger[1]) fand in der Ammiosflüssigkeit eines ungefähr 8 Wochen alten Kuhfötus 0,092% Zucker, in der Ammiosflüssigkeit 0,454%. Nach *Majewski*[2]) nimmt der Zuckergehalt von den ersten Lebensaltern des Fötus an zu und ist kurz vor der Geburt am bedeutendsten. Nach Letzterem wird in menschlichen Embryonalflüssigkeiten kein Zucker gefunden.

In der parenchymatösen Flüssigkeit der Leber ist normaler Weise immer Zucker enthalten, auch wenn dem Organismus vorher keine stärkmehl- oder zuckerhaltigen Nahrungsmittel zugeführt worden waren. In der Leber des Menschen, der Säugethiere und Vögel ist der Zuckergehalt viel bedeutender (durchschnittlich 2%), als in der der Reptilien (durchschnittlich 1%). Auch in der Leber der Fische und Mollusken findet sich Zucker. Im menschlichen Fötus stellt sich der Zucker in der Leber ungefähr im 5. bis 6. Monate des Intrauterinlebens ein. Der Zucker scheint aus der Leber nur unter allen den pathologischen Verhältnissen zu verschwinden, welche entweder mit wesentlichen Störungen der Verdauung oder mit entzündlichem Fieber verbunden sind (*Cl. Bernard*).

in der Leber.

Interessant wäre folgende Beobachtung *Bernard's*, wenn sie sich bestätigte; bei Limax flava soll, wenn sie mit Oniscus Asellus gefüttert wird, sobald der Magen sich von Speiseresten entleert hat, aus dem in den Pylorustheil des Magens mündenden Ductus choledochus eine Zuckerlösung in den Magen sich ergiessen und erst nach Resorption derselben Galle aus jenem Gange hervortreten. Uns ist es nie gelungen, die Limaces zum Fressen von Kellerasseln zu vermögen.

---

1) *Schlossberger*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 103, S. 193 u. Bd. 106, S. 67.

2) *Majewski*, Dissert. de substant. etc. Dorpati 1858.

Vorkommen im Harne.

Im Harne erscheint unter normalen Verhältnissen Zucker nur dann, wenn sehr grosse Mengen Zucker auf einmal oder in kurzen Zeiträumen nach einander genossen worden sind, und selbst dann findet man ihn nur selten darin, da er noch innerhalb der Harnblase sich ziemlich schnell zersetzt. Wenn man in neuerer Zeit den Zucker als constanten Bestandtheil normalen Harns hat betrachtet wissen wollen, so möchte daran doch noch mit Recht zu zweifeln sein. Dagegen geht der Zucker sehr leicht in den Harn über, wenn er in eine Vene injicirt worden ist: directe Versuche an Kaninchen haben gelehrt, dass, wenn der Zuckergehalt des Bluts 0,4% übersteigt, solcher im Harn erscheint und nachweisbar wird; ist die Menge des Zuckers im Blut geringer, so wird er innerhalb desselben zersetzt und gelangt nicht in den Harn.

Kein Zucker im normalen Harn.

Brücke[1]) hat auf Grund mit vieler Umsicht ausgeführter Versuche im Harn gesunder Menschen öfter Zucker zu finden geglaubt und in seltnern Fällen vielleicht auch wirklich gefunden. Indessen kann der Krümelzucker keineswegs als normaler Bestandtheil des Harns betrachtet werden; denn *Brücke* hat in den meisten Fällen Zucker nachzuweisen geglaubt, wo sicher kein solcher vorhanden. Da es für die Physiologie von der höchsten Bedeutung war, zu erfahren, ob einer der wichtigsten Nährstoffe und Vermittler der thierischen Stoffmetarphose unverändert durch den Harn ausgeschieden werde (wenn auch nur in geringen Mengen), während der Organismus sich gewissermaassen anstrengt, solchen zu erzeugen, auch wo er nicht von aussen eingeführt wird: mussten die Versuche von *Brücke* mehrfach wiederholt werden, und zwar um so mehr, als früher schon vielseitig erwiesen war, dass Zucker im Harn selbst noch innerhalb der Harnblase sich zersetze. *Brücke* versetzte frischgelassenen Harn mit der 4fachen Menge absoluten Alkohols, filtrirte das Präcipitat und setzte zur klaren Flüssigkeit alkoholische Kalilösung; nach 6, 8 und 10 St. hatte sich neben einem geringern amorphen Präcipitate eine krystallinische Efflorescenz auf dem Boden und an den Wänden des Gefässes abgesetzt. Nach Entfernung der Flüssigkeit gab der in Wasser gelöste Niederschlag mit Kupfervitriol und Kali beim Kochen eine schöne rothe Ausscheidung von Kupferoxydul. So oft man diesen Versuch wiederholt, so oft wird man ihn bestätigt finden: allein nicht Zucker ist es, welcher hier die Reduction des Kupferoxyds bedingt. *Brücke* fand die Reduction des Kupferoxyds um so reichlicher, je bedeutender die Menge der krystallinischen Efflorescenz war; Zuckerkali scheidet sich aber aus alkoholischer Flüssigkeit nie krystallinisch aus. Ferner: um eine Ausscheidung von Kupferoxydul zu erhalten, muss man die wässrige Lösung jenes Kaliniederschlags bis zum starken Kochen erhitzen, während bei Gegenwart von Zucker nur ein Erwärmen auf 70 bis 80° nöthig wäre; Zucker bewirkt auch bei gewöhnlicher Temperatur nach 2 bis 12 St. die Reduction; jene Lösung mit Kupfervitriol und Kali versetzt, kann 24 und 48 St. stehen, ohne Kupferoxydul abzuscheiden. Lässt man die wässrige Lösung des Kaliniederschlags an der Luft längre Zeit stehen oder leitet Kohlensäure hindurch, so bildet sich ein geringer kaum sichtbarer Niederschlag und die Flüssigkeit reducirt selbst beim Kochen das Kupferoxyd nicht mehr. Setzt man zur frischen Lö-

---

1) *Brücke*, Sitzungsber. d. kais. Ak. d. Wiss. zu Wien Bd. 29 S.

sung neutrales essigsaures Bleioxyd in solcher Menge, dass die Lösung nicht mehr alkalisch reagirt und filtrirt den Niederschlag, so giebt die durch Schwefelwasserstoff vom Blei befreite Flüssigkeit keine Reduction des Kupferoxyds, was doch der Fall sein müsste, wenn wirklich Zucker vorhanden wäre; denn dieser wird aus neutralen Lösungen durch Bleizucker nicht gefällt (basisches essigsaures Bleioxyd würde nur einen Theil desselben präcipitiren). Säuert man endlich die wässrige Lösung jenes Kalipräcipitats mit Salzsäure schwach an, so findet man das geringe unscheinbare Sediment, welches sich nach einigen Stunden bildet, unter dem Mikroskop aus den schönsten, regelmässigen und zwar farblosen Harnsäurekrystallen bestehend, während die filtrirte Flüssigkeit auch nicht eine Spur von Reduction auf Zusatz von Kupfervitriol und Kali ergiebt.

Kein Zucker im normalen Harn.

Die Hauptursache der Reductionsfähigkeit jener nach *Brücke* bereiteten Flüssigkeit muss also in der Gegenwart von Harnsäure gesucht werden, die unerwarteter Weise aus der alkoholischen Harnflüssigkeit durch Kali als neutrales harnsaures Kali und zwar krystallinisch in jenes efflorescirende Präcipitat übergeht.

Zuweilen sieht man keine krystallinische Efflorescenz entstehen und dann hat die Lösung des Präcipitats auch kein Reductionsvermögen. In jenen Niederschlag geht übrigens auch Hypoxanthin, ein wahrscheinlich *Städeler's* Tauryl entsprechender Stoff und eine Spur Aldehyd über; diess sind Stoffe, welche, so gering ihre Menge auch gewöhnlich zu sein pflegt, doch Reductionsvermögen für Kupferoxyd besitzen und daher auch ohne Gegenwart von Harnsäure eine geringe Ausscheidung von Kupferoxydul bewirken.

Wie leicht aber die Reduction von Kupferoxyd aus alkalischen Lösungen durch Harnsäure zu Verwechslungen mit Zucker führen kann, haben *v. Babo* und *G. Meissner*[1]) in einer trefflichen Arbeit ausführlich dargethan.

Seit langer Zeit ist es bekannt, dass im Diabetes mellitus sehr grosse Mengen Zucker in den Harn übergehen; dabei ist die Nahrung und die Zeit der Verdauung von bemerkbarem Einfluss auf die Menge des in gewissen Zeiten durch den Harn ausgeschiedenen Zuckers.

Bei Thieren kann durch Verletzung einer begrenzten Stelle im verlängerten Mark *vorübergehend* Zuckerharnen hervorgerufen werden.

In andern Krankheiten, als dem Diabetes mellitus, ja zuweilen bei scheinbar Gesunden tritt Zucker im Harn häufiger auf, als man früher glaubte. Da es noch an zahlreichern Beobachtungen fehlt, lassen sich die Krankheitsformen, bei welchen Zucker im Harn erscheint, nicht näher bezeichnen; doch beobachtet man denselben noch am häufigsten im Harn bei Störungen der Circulation im Unterleibe. Sehr häufig findet man aber auch Zucker im Harn von Frauen in den ersten 24 bis 48 St. nach der Entwöhnung der Säuglinge.

Im Diabetes hat man Zucker in allen serösen Flüssigkeiten, im Speichel, im Erbrochenen, in den Fäces und selbst zuweilen im Schweisse gefunden, dagegen nie im Gehirn, Rückenmark, Pankreas oder der Milz.

Zwei Quellen des Zuckers liegen im Organismus ziemlich zu Tage:

---

1) *L. v. Babo* u. *G. Meissner*, Zeitschr. f. rat. Med. 3 R. Bd. 2, S. 321—331.

Genesis. Speichel, pankreatischer Saft und Darmsaft verwandeln das Stärkmehl der Nahrungsmittel in Zucker. Die andre Quelle des Zuckers ist in der Leber zu suchen, und hier wird derselbe entweder aus dem Glycerin der neutralen Fette oder aus eiweissartigen Stoffen, ja vielleicht aus beiden erzeugt. Der Möglichkeit einer Entstehung des Zuckers in der Leber aus dem dort frei werdenden Glycerin ist bereits oben S. 135 Erwähnung gethan worden. Da aber, wie weiter unten zu erweisen, in der Leber viel Albuminate zu Grunde gehen (neben einem Theile des Albumins verschwindet das mit dem Blute zugeführte Fibrin gänzlich) und zwar stickstoffreichere Materien aus diesen abgespalten werden, so gewinnt (namentlich auf Grund quantitativer Bestimmungen) die Ansicht einige Wahrscheinlichkeit, dass das stickstofflose Spaltungsproduct der Albuminate zur Bildung von Zucker Veranlassung gebe.

Die hohe physiologische Bedeutung des Zuckers wird unter „Stoffwechsel" ausführlicher gewürdigt werden.

Dokimasie. Soll Zucker im Harn eines muthmaasslich Diabetischen nachgewiesen werden, so ist diess leicht durch alle die Agentien auszuführen, die in allen Lehrbüchern der organischen Chemie als Entdeckungsmittel von Krümelzucker aufgezählt werden; denn der diabetische Harn hat eben das Characteristische, dass er sich gegen alle jene Reagentien fast wie eine reine Krümelzuckerlösung verhält. Sollen jedoch in anderm Harn, als diabetischen, oder überhaupt in thierischen Flüssigkeiten geringe Mengen von Zucker nachgewiesen werden, so ist in der Regel eine sehr umsichtige Behandlung der Flüssigkeit nothwendig, ehe man zur Anwendung jener Reagentien schreiten darf. Unter den verschiedenen Entdeckungsmitteln des Zuckers dürfte nur das Trommer'sche Mittel, die Gährung und etwa noch polarisirtes Licht zu benutzen sein. Die Benutzung der bekannten Eigenschaft des Krümelzuckers, in Lösung mit ätzendem Alkali sich beim Erhitzen zu bräunen, ist gänzlich zu verwerfen; denn die meisten thierischen Flüssigkeiten pflegen beim Kochen mit Kali sich etwas dunkler zu färben. Die Böttcher'sche Probe, welche auf der Reduction des Wismuthoxyds durch eine alkalische Zuckerlösung beruht, kann zuweilen als Controle mit Vortheil benutzt werden, giebt aber sehr leicht auch zu Irrthümern Anlass. Auch die von *Löwenthal* empfohlene Lösung weinsauren Eisenoxyds in ätzenden Alkalien, die mit Zuckerlösungen erwärmt einen schwarzen Niederschlag bewirkt, ist der Kupferprobe nicht vorzuziehen. Die Trommer'sche Probe selbst (Aetzkali oder Aetznatron und Kupfervitriol) kann zu allerlei Irrthümern Anlass geben, wenn es vor ihrer Anwendung nicht gelungen ist, den nachzuweisenden Zucker von gewissen Materien zu trennen, welche eine ähnliche Reduction des Kupferoxyds zu Oxydul zu Stande bringen; deren Zahl ist aber nicht gering; es sind diess besonders eiweissartige Materien, Harnsäure, Hypoxanthin, Tyrosin und andre noch nicht näher bestimmbare Stoffe; allein selbst wenn diese entfernt sind, kann durch andre Stoffe die Ausscheidung des Kupferoxyduls gehindert werden z. B. durch albuminöse Stoffe, namentlich Peptone, Parapeptone. Kreatin, Kreatinin, Pepsin, Trimethylamin, Triäthylamin und andere Stoffe, die beim Erhitzen mit Kali Ammoniak liefern[1]).

1) *v. Babo* u. *G. Meissner*, Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. Bd. 2, p. 321.

Es giebt allerdings einige Modificationen in der Ausscheidung des Kupferoxyduls bei Anwendung der Trommer'schen Probe, welche dem in dieser Beziehung erfahrenen Analytiker oft trotz Gegenwart aller jener Körper noch sehr geringe Mengen Zucker, z. B. im Harn, erkennen lassen; indessen ist deren Berücksichtigung durchaus nothwendig für manche Untersuchungen; so kann man bei Ausführung der Piqûre nicht erst eine weitläufige Analyse anstellen, um zu erfahren, ob wenigstens etwas Zucker in den Harn übergegangen ist, oder bei gut gelungener Piqûre, nach welcher Zeit die ersten Spuren Zucker im Harn auftreten und die letzten verschwinden. Gerade im Kaninchenharn ist mehr als eine Substanz enthalten, welche bei Gegenwart geringer Mengen Zucker die Ausscheidung des Kupferoxyduls verhindert. Es ist hierbei nicht etwa bloss der sog. praktische Blick gemeint, der höchstens zu einer subjectiven Ueberzeugung führen kann. Um sich nun bei Anwendung der Trommer'schen Probe möglichst vor Irrthum zu schützen, verfährt man am besten auf folgende Weise: man versetze die auf Zucker zu prüfende Flüssigkeit zunächst mit Kali, aber erhitze jetzt noch durchaus nicht; denn durch Erhitzen würde der vorhandene Zucker so verändert werden, dass mit Kupferoxydsalzen keine Reduction mehr einträte. Zu der also kalt gelassenen Flüssigkeit füge man tropfenweise eine höchst verdünnte Kupferlösung, um zunächst zu erfahren, ob überhaupt Kupferoxyd von der alkalischen Flüssigkeit gelöst wird; wird nichts gelöst, so ist kein Zucker vorhanden und jeder weitre Versuch vergeblich. Hat sich aber Kupferoxyd gelöst (farblose oder schwachgefärbte Flüssigkeiten bewirken die bekannte lasurblaue Lösung, gelb gefärbte aber eine grüne), so erhitze man die Flüssigkeit, ohne umzuschütteln und ohne wirkliches Sieden eintreten zu lassen; auf der Oberfläche der erhitzten Flüssigkeit wird sich bei Gegenwart von Zucker zunächst eine gelbe Wolke bilden und, ohne dass weiter erhitzt zu werden braucht, gelbes oder rothes Kupferoxydul sich abscheiden. Zur grössern Sicherheit lasse man aber eine andre Probe, ohne sie zu erhitzen, 6 bis 24 St. stehen; scheidet sich da kein Oxydul aus, so ist auch kein Krümelzucker vorhanden. Die meisten andren Stoffe nämlich, welche Kupferoxyd zu reduciren im Stande sind, thun diess nicht in der Kälte und zwar erst nach längerer Zeit bei starkem Sieden.

Dokimasie.

Die sog. *Fehling*'sche und *Bouchardat*'sche Flüssigkeit (eine Lösung weinsauren Kupferoxyds in Kali oder Natron) ist bei der qualitativen Untersuchung auf Zucker durchaus verwerflich[1]), mag man sie frisch bereitet, eisenfrei und noch so rein dargestellt haben.

Ist in einer auf Zucker zu prüfenden Flüssigkeit Ammoniak oder eine andre Substanz enthalten, welche etwa gebildetes Kupferoxydul in Lösung zu halten im Stande ist, so wird die Flüssigkeit mit dem Kupferoxydulsalze und Kali beim Erwärmen zwar gelb (bei Gegenwart von Zucker), es scheidet sich aber kein Oxydul aus; die gelbe Lösung wird aber an der Luft, namentlich von der Oberfläche her, bald wieder blau.

Bei kleinen Mengen von Zucker wird die Flüssigkeit aber nicht einmal gelb; man muss sich daher durch andre Mittel zu überzeugen suchen, ob etwas Kupferoxydul in der Lösung befindlich ist; zuweilen lässt sich diess an dem Wiederblauwerden der Flüssigkeit von der Oberfläche her oder an

1) *Lehmann*, a. o. S. 138 a. O.

Dokimasie. der Ausfällung eines Theils von Kupferoxydul durch Zusatz einiger Tropfen verdünnter Essigsäure erkennen; allein zu grösserer Sicherheit ist in jedem Falle die von *von Babo* angegebene Methode empfehlenswerth, nämlich die erhitzte gelb oder nicht gelb gewordenene Flüssigkeit zu filtriren und mittelst Kaliumeisencyanids auf einen Gehalt an Kupferoxydul zu prüfen.

Will man sich aber vor allen Täuschungen bewahren und namentlich den Zucker auch da nicht übersehen, wo er in geringen Mengen zugegen ist, so bleibt folgendes Verfahren das empfehlenswertheste. Sind albuminöse Substanzen in Lösung, so muss, sobald diese, wie gewöhnlich, alkalisch reagirt, durch Zusatz einiger Tropfen verdünnter Essigsäure schwach saure Reaction hergestellt werden, weil beim Kochen und Abdampfen durch das Alkali eine geringe Menge Zuckers zersetzt werden würde. Die albuminösen Materien können dann durch Zusatz eines mehrfachen Volumens Alkohol, aber ebenso gut durch blosses Kochen entfernt werden. Die von den coagulirten Proteïnkörpern abfiltrirte Flüssigkeit ist in jedem Falle bis zur Extractconsistenz oder Trockenheit abzudampfen, und dann mit starkem Alkohol von 90% zu extrahiren, nicht aber etwa bloss zu concentriren und der concentrirten Flüssigkeit ein, wenn auch noch so vielfaches, Volumen Alkohol zuzufügen; würde man diess zu jener nur concentrirten spirituösen Flüssigkeit setzen, so würde einmal kein Zucker durch das Kali präcipitirt werden, ein ander Mal fielen aber neben diesem eine Menge fremdartiger Materien mit nieder. Um das Letztre zu vermeiden, ist es zu empfehlen, den stark concentrirten extractartigen Rückstand jener Flüssigkeit erst 6 bis 8 St. stehen zu lassen, ehe er mit absolutem oder Alkohol von 90% extrahirt wird; enthält nun der alkoholische Auszug Zucker, so scheidet sich neben andern Kaliverbindungen Zuckerkali als Trübung aus. Das unlösliche Zuckerkali setzt sich aber n i c h t k r y s t a l l i n i s c h, sondern als ganz dünner klebriger oder flockiger Ueberzug am Boden und an den Wänden des Gefässes a l l m ä l i g ab. Bei allen so behandelten thierischen Flüssigkeiten fallen andre Kaliverbindungen mit nieder, welche theils amorph, theils flockig, theils krystallinisch sind und im letztern Falle die Glaswände mit einem feinen Krystallnetz überziehen. Empfehlenswerth ist es, die alkoholische Lösung erst nach 6 bis 12 St. abzugiessen; gewöhnlich läuft sie ganz klar ab. Das Präcipitat, sei es beschaffen, wie es wolle, löst sich leicht in wenig Wasser; giebt diese Lösung mit Kupfervitriol und etwas ätzendem Alkali keine blaue Lösung, so ist kein Krümelzucker vorhanden; giebt sie aber eine blaue Lösung und scheidet sich beim Erwärmen ein gelber Niederschlag aus, so ist damit die Anwesenheit von Zucker noch immer nicht ausser allen Zweifel gesetzt; denn auch in dem Kaliniederschlage kommen zuweilen das Kupferoxyd reducirende Substanzen vor. Man fälle die vorsichtig neutralisirte Lösung jener Kaliverbindungen mit essigsaurem Bleioxyd, zersetze die filtrirte Flüssigkeit mit Schwefelwasserstoff, koche zur Entfernung des letztern das vom Schwefelblei abfiltrirte Liquidum, lasse erkalten und wende dann die Trommer'sche Probe an; erhält man hier noch eine Reduction des Kupferoxyds, so darf auf Zucker geschlossen werden; wenigstens ist in thierischen Flüssigkeiten noch keine Substanz gefunden worden, welche den Zucker auch bis in die letzterwähnte Flüssigkeit begleitete und gleich diesem ein Reductionsvermögen für Kupfer zeigte.

Man darf sich indessen in letzter Instanz überhaupt nicht auf die Reduction des Kupferoxyds verlassen, sondern muss immer noch die sog. Gährungs-

probe versuchen. Letztere ist nun zwar bei geringen Mengen Zucker, wenn man nur die gewöhnlichen Apparate in Anwendung bringt, allerdings nicht gut ausführbar; allein man kann dennoch bei einiger Uebung in mikrochemischem Experimentiren sich selbst von geringen Mengen Zucker noch Kenntniss verschaffen und zwar in folgender Weise: man löse das durch alkoholische Kalilösung erhaltene Präcipitat in Wasser auf und setze Weinsäurelösung bis zur schwach sauren Reaction hinzu. Man wähle nun ein ziemlich weites und langes Probirglas, fülle ein Viertheil desselben mit Quecksilber und giesse darauf die fragliche Flüssigkeit bis zum Ueberlaufen, nachdem man sie vorher mit gut ausgewaschener frischer Bierhefe gemengt hat (von deren Wirksamkeit auf Zucker man sich durch einen Nebenversuch vorher überzeugen muss). Dann schliesse man das Rohr durch einen Kork, durch dessen Durchbohrung eine enge Glasröhre bis auf den Boden des Rohrs (also ins Quecksilber) geht; diese Glasröhre ist oben ausserhalb des Korks unter schiefem Winkel nach unten gebogen; man bringt nun diesen Apparat in die Brütemaschine oder überhaupt in einen Raum, der eine Temperatur von 30 bis 40^0 hat; ist ein gährungsfähiger Zucker vorhanden, so wird sich Kohlensäure entwickeln, unter dem Korke ansammeln und das Quecksilber durch die enge Röhre herausdrängen. Es ist leicht einzusehen, dass das entwickelte Gas dann durch Kalkwasser als Kohlensäure erkannt werden kann. Der hier anzuwendende Kork muss aus leicht begreiflichen Gründen vor seiner Anwendung mit Wachs oder Guttaperchalösung getränkt worden sein; denn sonst würde er das unter einigem Druck befindliche Kohlensäuregas leicht durch seine Poren treten lassen.

Dokimasie.

Mittelst polarisirten Liehts Krümelzucker (an seiner Eigenschaft, die Polarisationsebene nach rechts zu drehen) zu entdecken, ist recht wohl möglich, allein da mehrere thierische Stoffe, wie Albumin und die Gallensäuren, auch auf polarisirtes Licht (theils im entgegengesetzten, theils in demselben Sinne) wirken, so ist auch hierbei meist noch eine vorgängige Behandlung der zu untersuchenden Flüssigkeit nothwendig; dazu kommt, dass bei Anwendung dieses Mittels die Menge der Lösung nicht eben sehr gering sein und die Lösung nicht allzu wenig Zucker enthalten darf. In den Fällen, wo der Zuckergehalt einer thierischen Flüssigkeit wegen zu geringer Menge zweifelhaft ist, kann sie also gewöhnlich nicht zu einem Resultate führen und man wird daher immer einer rein chemischen Methode den Vorzug geben müssen.

Milchzucker.

Der Milchzucker, $C_{12}H_{11}O_{11}.HO$ (*Schrötter* und *Lieben*[1]) ist seiner theoretischen Constitution nach noch wenig erforscht; doch zeigt er bei mancher Aehnlichkeit einige so auffällige Unterschiede von andern Zuckerarten, dass man ihn für wesentlich anders constituirt halten muss, als jeden andern Zucker. Diess geht insbesondre aus seiner Eigenschaft hervor, mit concentrirter Salpetersäure zersetzt, keine Zuckersäure, sondern gleich den Gummiarten Schleimsäure zu bilden. Dazu kommt noch, dass der Milchzucker durch verdünnte Mineralsäuren zwar auch wie andre Zuckerarten in eine gährungsfähige Glykose verwandelt wird; allein diese ist mit keiner der andern Krümelzuckerarten iden-

1) *Schrötter* und *Lieben*, Sitzungsber. d. Akad. d Wissensch. zu Wien Bd. 18, S. 180—192.

Chemische Constitution. tisch; denn sie liefert, mit Salpetersäure behandelt, nicht nur keine Zuckersäure, sondern sogar zweimal mehr Schleimsäure, als der Milchzucker selbst. Ueberdiess hat dieser Lactose genannte Stoff ein zweimal so starkes Ablenkungsvermögen für polarisirtes Licht, als Stärkezucker. (*Dubrunfaut*[1]) und *Pasteur*[2]). Hieraus leuchtet also die wesentliche Differenz in der Zusammensetzung des Milchzuckers und andrer Zuckerarten ein, ein Umstand, der für die Physiologie um so beachtenswerther ist, als mehrere physiologische Thatsachen die Bildung von Milchzucker aus dem Krümelzucker des Bluts ziemlich ausser Zweifel gesetzt haben.

Vorkommen. Der Milchzucker scheint in der Milch aller Säugethiere vorzukommen; die Milch pflanzenfressender Thiere enthält aber durchschnittlich mehr Zucker, als die der fleischfressenden. In andern thierischen Flüssigkeiten ist derselbe bis jetzt noch nicht entdeckt worden; weitern Forschungen muss es überlassen bleiben, zu ermitteln, ob nicht wenigstens die gährungsfähige Lactose in der einen oder andern thierischen Flüssigkeit enthalten sei.

Bildungsstätte. Der Milchzucker scheint seinem Vorkommen zufolge nur in den Milchdrüsen gebildet zu werden; ob er daselbst lediglich aus Krümelzucker oder auch aus irgend einem andern Stoffe erzeugt werde, ist mit Bestimmtheit nicht zu entscheiden; seine Entstehung aus Krümelzucker gewinnt aber dadurch grosse Wahrscheinlichkeit, dass, wie *v. Becker*[3]) zuerst beobachtete, säugende Kaninchen, denen man Krümelzuckerlösung in das Blut injicirt hat, weit weniger Zucker und zwar nur auf kürzere Zeit durch den Harn ausscheiden, als nicht säugende. *Cl. Bernard*[4]) fand in der Milch weiblicher Kaninchen und Hunde, denen grosse Mengen Krümelzucker oder Rohrzucker ins Blut injicirt worden waren oder die durch die Piqûre diabetisch gemacht worden waren, immer nur Milchzucker, während sich sonst in allen Flüssigkeiten Krümelzucker vorfindet. Es scheint also bei säugenden Thieren der Krümelzucker, welcher in die Brustdrüsen übergeht, vollständig in Milchzucker verwandelt zu werden.

Dokimasie. Selbst in der Milch bietet der Nachweis von Milchzucker zuweilen (z. B. in der der fleischfressenden Thiere nach rein animalischer Kost) einige Schwierigkeiten. Soll nun in dieser oder in einer andern thierischen Flüssigkeit nach Milchzucker gesucht werden, so sind zunächst die albuminösen Materien, wie Caseïn oder Albumin, zu entfernen, das letztre auf oben (S. 144) angeführte Weise, das erstre durch vorsichtigen und allmäligen Zusatz von verdünnter Essigsäure und Erhitzen. Die filtrirte Flüssigkeit ist im Wasserbade bis fast zur Trockenheit zu verdampfen; obgleich der Milchzucker durch Essigsäure beim Erwärmen und Verdampfen nicht in Lactose verwandelt wird, so kann es in manchen Fällen (z. B. bei Gegenwart von viel sauren

---

1) *Dubrunfaut*, Compt. rend. T. 42, p. 228 - 233.
2) *Pasteur*, ebendaselbst p. 347—351.
3) *v. Becker*, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 5, S. 161—166.
4) *Cl. Bernard*, Arch. gén. de méd. Janv. 1853.

Phosphaten) doch gerathen sein, die Verdampfung im Vacuo über Schwefelsäure auszuführen. Der Rückstand ist nun mit heissem Weingeist von ungefähr 60 bis 70% Alkoholgehalt zu extrahiren, worin sich der Milchzucker mit auflösen wird. Giebt die wässrige Lösung dieses spirituösen Extracts bei Anwendung der Trommer'schen Probe eine Reduction, so kommt es darauf an, den Milchzucker von Krümelzucker oder andern reducirenden Substanzen zu unterscheiden; einen Gährungsversuch anzustellen, würde nicht empfehlenswerth sein, da möglicher Weise die gährungsfähige Lactose vorhanden sein könnte, und durch diese Behandlung das Untersuchungsobject für weitre Proben verloren gehen würde. Man kann daher zunächst versuchen, den Milchzucker an seiner Krystallform zu erkennen, indem man der Lösung jenes spirituösen Extracts in wenig Wasser absoluten Alkohol allmälig zusetzt; es entsteht oft keine Trübung, aber nach 2 bis 6 St. hat sich ein weisses Pulver abgesetzt, welches unter dem Mikroskop sich aus meistens rhombischen Krystallen (s. Fig. 35) bestehend zeigt. Gewöhnlich schlagen sich aber neben den ohnediess sehr verschiedenartigen Milckzuckerkrystallen noch Krystalle in absolutem Alkohol unlöslicher Salze nieder. Daher ist noch ein weiterer Beweis für das Vorhandensein von Milchzucker nothwendig. Es geschieht aber auch, dass trotz der Gegenwart von Milchzucker derselbe durch Alkohol doch nicht präcipitirt wird, theils weil seine Menge zu gering sein kann, theils weil seine Löslichkeit in Alkohol durch freie Säuren, Alkalien und einige Alkalisalze vermehrt wird. In solchem Falle muss man den festen Rückstand mit etwas stärkerm Alkohol kochend ausziehen und aus der erkalteten Lösung durch alkoholische Kalilösung das Milchzuckerkali fällen. Der Niederschlag ist in sehr wenig Wasser zu lösen und mit etwa dem doppelten Volumen einer Mischung gleicher Theile concentrirter Salpetersäure und Wasser etwa 5 bis 10 Minuten lang zu kochen; nach 2 bis 3 Stunden werden sich bei Gegenwart von Milchzucker oder Lactose die Fig. 37 verzeichneten Krystalle von Schleimsäure als weisses Pulver abgesetzt haben. Diese Methode ist auch unmittelbar auf das alkoholische Extract anwendbar.

Dokimasie.

Sollte man die Gegenwart von Lactose muthmaassen (vorausgesetzt dass dieselbe nicht erst aus dem Milchzucker durch Gehalt der untersuchten Flüssigkeiten an freien Mineralsäuren oder organischen, nicht flüchtigen Säuren entstanden wäre), so wird eine Gährungsprobe nach der S. 144 f. angegebenen Methode auszuführen sein. Allein geht die Flüssigkeit in Gährung über, während sie mit Salpetersäure gekocht, Schleimsäure liefert, so wäre immer noch der Fall denkbar, dass Krümelzucker neben Milchzucker vorhanden wäre. Man würde dann einerseits nach oben angedeuteter Methode die aus concentrirtester wässriger Lösung durch Alkohol ausgeschiedenen Krystalle mit wirklichen Milchzuckerkrystallen (s. Fig. 35) zu vergleichen haben, und dann die etwa vorhandene Lactose zur Krystallisation zu bringen suchen; letztres gelingt leicht, wenn man die Zuckerkaliverbindung mit wenig concentrirter Weinsäurelösung zerlegt, starken Alkohol zufügt und den Alkohol der Selbstverdunstung überlässt; oft bleibt dann ein Syrup übrig, der in mehreren Tagen nicht krystallisirt, sich dann aber allmälig, oft auch in kürzester Zeit, in ein weisses glänzendes Krystallnetz verwandelt, welches unter dem Mikroskop die in Fig. 36 verzeichneten Lactosekrystalle darstellt.

Lactose.

Beim Verdunsten wässriger Lösungen auf einem Objectträger oder Uhrglase scheidet sich der Milchzucker in warzenförmigen Massen aus, welche

Verschiedene Formen des Milchzuckers.



Fig. 35.

unter dem Mikroskop nichts characteristisches zeigen; man erkennt höchstens in den dunkeln Massen feine von einem Centrum ausgehende Blättchen. Um untersuchbare Krystalle, wie die auf beigehender Figur verzeichneten, zu erhalten, darf man zur wässrigen Lösung, wenn diese einigermaassen concentrirt ist, nicht zu viel starken Alkohol setzen, weil man sonst entweder nur kleine undeutliche Drusen oder grössere aber rissige und dunkel schattirte Krystalle erhält. Je nachdem das Gemisch von Milchzuckerlösung und Alkohol mehr oder weniger von letzterem enthält, erhält man gröbere, unregelmässige oder feine, regelmässige Formen. Gewöhnlich sieht man die beiden prismatischen Flächen $\infty \breve{P} \infty$ mit den beiden entgegengesetzten P vorherrschen, die beiden andern fehlen; an den Enden bemerkt man die Zuspitzungsflächen $_2P$ und $_0\breve{P}\infty$.

Formen der Lactose.

Fig. 36.

Die Lactose geht aus dem syrupösen Zustand viel schneller in den krystallinischen über, als jede andre Glykoseart. Die Krystallform ist ziemlich einfach und aus beistehender Figur leicht als vierseitige Säule mit zweiflächiger Zuspitzung zu erkennen.

Formen der Schleimsäure.

Fig. 37.

Die Schleimsäure scheidet sich gewöhnlich in den kleinern unregelmässigen Formen aus, wie sie im obern Theile dieser Figur links und rechts dargestellt sind; hat sie sich langsamer beim Erkalten ausgeschieden, so kommen Krystalle vor, die den Kreatininkrystallen gleichen; meistens aber bilden sich die auf dem untern Theile dieser Figur abgebildeten Gruppen rechtwinkliger Säulen mit rechtwinkliger Abstumpfungsfläche.

Inosit. Chemische Constitution.

Der Inosit, $C_{12}H_{12}O_{12}+4HO$, ist seiner theoretischen Constitution nach ebenso wenig erkannt, als der Milchzucker; sein völliger Mangel an Drehungsvermögen für polarisirtes Licht unterscheidet ihn von allen löslichen Kohlenhydraten.

Dieser Stoff, zuerst im Herzmuskel des Rindes von *Scherer* entdeckt, ist dem thierischen Organismus nicht eigenthümlich; denn er wurde von *Vohl* auch in unreifen Bohnen (Phaseolus vulgaris) gefunden.

Vorkommen.

Ausser in den Muskeln ist der Inosit hauptsächlich von *Cloëtta*[1]) im Lungengewebe, in der Leber, in der Milz und in relativ grosser Menge in den Nieren des Rindes und Menschen, sowie einmal im urämischen Harn, von *W. Müller*[2]) endlich im Gehirn des Ochsen gefunden worden. *Neukomm*[3]) fand den Inosit am reichlichsten im Gehirn, spärlicher im Herzmuskel, zuweilen in ansehnlichen Mengen in den Nieren, so wie auch in diabetischem Harn, während *Vohl*[4]) in einem Falle von Diabetes Inosit allmälig an die Stelle des Krümelzuckers im Harn treten sah.

Physiologischer Werth.

Bei der völligen Dunkelheit, welche noch über der innern Constitution auch dieses Kohlenhydrats schwebt, lässt sich aus dem blossen Vorkommen des Inosits in verschiedenen Organen kaum ein Schluss auf seine physiologische Bedeutung ziehen. Möglich, dass er mit zu den Umsetzungsproducten eiweissartiger Stoffe oder Gewebe gehört, vorausgesetzt, dass die Organe, in denen er gefunden worden ist, auch seine Bildungsstätten sind. Im Blute ist er noch nicht gefunden worden; sollte er darin gänzlich fehlen, so wäre es wohl denkbar, dass er das nächste Material zur Bildung der in jenen Organen enthaltenen Milchsäure abgäbe, da er, wie schon *Scherer* beobachtet, in Berührung mit sich zersetzenden Albuminaten und Geweben leicht in Milchsäure und Buttersäure übergeht.

Dokimasie.

Der Inosit ist in thierischen Flüssigkeiten ziemlich leicht zu entdecken; nur muss besonders darauf Acht genommen werden, dass das thierische Gewebe oder die Flüssigkeit nicht zu lange ungekocht der Luft ausgesetzt werde; denn in solchem Falle geht dieser Stoff ausserordentlich schnell in die eben erwähnte saure Gährung über, so dass man oft nicht mehr eine Spur desselben nachzuweisen im Stande ist. Die Gewebe sind also in oben (S. 106.) erwähnter Weise möglichst frisch in Arbeit zu nehmen, schnell zu zerkleinern und mit kaltem Wasser angerührt auszupressen. Nach Entfernung der albuminösen Bestandtheile wird die Flüssigkeit zunächst mit neutralem essigsauren Bleioxyd gefällt, die von diesem Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit aber mit basisch essigsaurem Bleioxyd versetzt und bis fast zum Sieden erhitzt; der dadurch entstandene Niederschlag enthält den Inosit an Bleioxyd gebunden neben andern Bleiverbindungen; derselbe wird mit Wasser angerührt und durch Schwefelwasserstoff zersetzt; in die Lösung, welche vom Schwefelblei abfiltrirt wird, geht oft Harnsäure über, die beim Verdunsten oder schon bei längerm Stehen sich abscheidet. Die Lösung selbst wird dann im Wasserbade so weit concentrirt, bis eine Probe derselben sich mit Alkohol bleibend trübt. Nun wird die ganze Flüssigkeit mit dem gleichen Volumen Alkohol versetzt und erwärmt, so dass die anfangs entstandene Trübung sich gerade wieder auflöst. Nach einiger Zeit (oft erst nach einigen Tagen) setzen sich Krystalle von Inosit ab. Durch Umkrystallisiren aus Wasser oder

1) *Cloëtta*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 99, S. 289—305.
2) *W. Müller*, ebendas. Bd. 103, S. 140—142.
3) *Neukomm*, Ueber Leucin, Tyrosin u. s. w. Inauguraldiss. Zürich 1859.
4) *Vohl*, Arch. f. physiol. Hlk. Neue Folge Bd. 2, S. 410—412.

nochmaliges Fällen mit Bleiessig und Zersetzen mit Schwefelwasserstoff erhält man die Krystalle rein und einer genauern mikroskopischen Untersuchung fähig.

Krystallformen des Inosits.

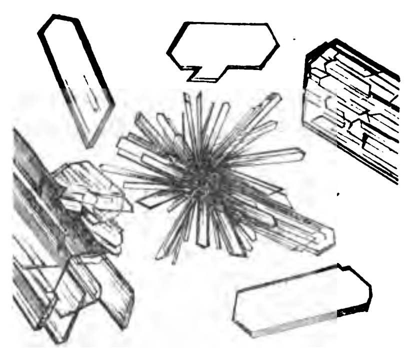


Fig. 38.

Der Inosit scheint seiner Krystallform nach dem monoklinoëdrischen Systeme anzugehören. Nach *Cloëtta's* Messungen beträgt der stumpfe Winkel der rhombischen Prismen = $138^0\ 52'$. Die hier verzeichneten mikroskopischen Formen wurden aus Wasser krystallisirt erhalten.

Obgleich auch andre Zuckerarten zu einem geringen Theile durch basisch essigsaures Bleioxyd aus ihren Lösungen gefällt werden: so wird doch nur der Inosit durch dieses Reagens vollständig präcipitirt; in der Kälte entsteht der Niederschlag gewöhnlich erst nach einiger Zeit, beim Erwärmen aber sogleich; derselbe ist anfangs ganz durchsichtig, wird aber allmälig weisslich und kleisterartig.

Besondre Reactionen.

Von andern Zuckerarten unterscheidet sich der Inosit übrigens hinlänglich durch seine Unfähigkeit, in die alkoholische Gährung überzugehen oder nach Digestion mit verdünnter Schwefelsäure einen gährungsfähigen Zucker zu bilden; mit Kali und Kupfervitriol giebt er eine blaue Lösung, aber scheidet weder beim Stehen noch beim Kochen Kupferoxydul aus; während er durch seine Fällbarkeit mittelst Bleiessig sich den Gummiarten nähert, unterscheidet er sich von diesen und dem Milchzucker dadurch, dass er mit Salpetersäure digerirt keine Schleimsäure liefert.

Das empfindlichste Reagens auf Inosit wurde bereits von *Scherer* ermittelt; dasselbe besteht darin, dass man die fragliche Lösung mit Salpetersäure auf Platinblech bis fast zur Trockenheit eindampft, dann Aetzammoniak und einen Tropfen Chlorcalciumlösung hinzufügt und vorsichtig zur Trockniss verdunstet; ist der Rückstand lebhaft rosenroth gefärbt, so kann man von der Gegenwart von Inosit überzeugt sein, sobald die vorerwähnten Reactionen und die Krystallform dieselbe schon wahrscheinlich gemacht haben.

Scyllit.

Scyllit, erst jüngst von *Städeler* und *Frerichs*[1]) entdeckt, ist noch nicht einmal seiner empirischen Zusammensetzung nach bekannt. Der Stoff ist in den meisten seiner Eigenschaften dem Inosit so ähnlich, dass man wohl auch in ihm ein Kohlenhydrat errathen darf. Derselbe scheint den Knorpelfischen (und darunter möglicher Weise nur den Plagiostomen) eigenthümlich zu sein; er wurde in deren Leber, Milz und Kiemen, am reichlichsten aber in den Nieren dieser Thiere gefunden.

Dokimasie.

Nach *Städeler* wird der Scyllit auf folgende Weise in den Organflüssigkeiten zu erkennen sein: Die mit grobem Glaspulver zerriebenen Organe werden mit dem $1\frac{1}{2}$ bis 2fachen Volumen Weingeist angerührt und ausgepresst. Der durch Papier filtrirte Auszug wird zur Trockniss verdampft und

1) *Frerichs* und *Städeler*, Journ. f. pr. Ch. Bd. 73, S. 48 - 55.

in Wasser wieder gelöst, um die fettigen und gallertartigen Theile durch Filtriren möglichst entfernen zu können. Die hiervon abfiltrirte Flüssigkeit wird zum dicken Syrup verdunstet und letzterer mit heissem absoluten Alkohol behandelt, 24 St. stehen gelassen und filtrirt. Der in Alkohol unlösliche Rückstand wird in wenig Wasser gelöst und stehen gelassen, bis sich alles krystallisirbare ausgeschieden hat; die Mutterlauge lässt man von Papier einsaugen; die Krystalle bestehen aus Kochsalz, oft aus Taurin und Scyllit. Nach möglichster Entfernung der Chlornatriumkrystalle auf mechanische Weise werden Taurin und Scyllit in Wasser gelöst, und der letztre durch basisch essigsaures Bleioxyd vom Taurin getrennt; denn derselbe wird gleich dem Inosit durch dieses Reagens kleisterartig gefällt; durch Schwefelwasserstoff zerlegt erhält man beim Verdunsten glashelle klinorhombische Prismen, welche nicht verwittern; dieselben werden aus wässriger Lösung durch Alkohol gefällt, sind nicht gährungsfähig, lösen Kupferoxyd mit Kali, reduciren es aber nicht. Der Scyllit unterscheidet sich vom Inosit dadurch, dass er mit Salpetersäure, Ammoniak und Chlorcalcium auf Platinblech behandelt, nicht die beim Inosit erwähnte Reaction giebt.

Amylonähnliche Stoffe.

In der allgemeinen Chemie schliessen sich an die Zuckerarten das Gummi, Stärkemehl und die Cellulose an, insofern die Stoffe ihrer empirischen Zusammensetzung nach zu den Kohlenhydraten gehören und auch in manchen ihrer Zersetzungsformen einander gleichen. In thierischen Organismen treffen wir hieher gehörige Substanzen nur wenig an; diese sind folgende.

Paramylon.

Das Paramylon, $C_{12}H_{10}O_{10}$, eine dem Stärkemehl sehr ähnliche Substanz, wurde von *Gottlieb*[1]) in den Körpern der Euglena viridis gefunden, ist aber ausser in diesem Infusorium bis jetzt noch nirgends nachgewiesen worden.

Vom gewöhnlichen Stärkmehl unterscheidet sich dieser Stoff durch seine Unfähigkeit, durch verdünnte Säuren oder Diastase in Zucker verwandelt zu werden, während er mit rauchender Salzsäure behandelt einen gährungsfähigen süssen Stoff liefert. Auch wird er durch Jod nicht blau gefärbt.

Glykogen.

Das Glykogen, $C_{12}H_{11}O_{11}.HO$, wurde von *Cl. Bernard*[2]) entdeckt und von *E. Pelouze*[3]) analysirt. Seinen Eigenschaften nach steht dieser Stoff mitten inne zwischen Amylon und Dextrin; er geht in Berührung mit Speichel, pankreatischem Saft, Diastase sehr schnell in Zucker über; auch mit Blut oder Leberparenchym in Berührung erleidet er dieselbe Umwandlung. Dieser Stoff findet sich nur in der Leber und zwar in den Zellen derselben als amorphe Masse abgelagert. Nur während der Periode des Fötallebens, wo die Leber noch nicht ihre Function begann, fehlt er dort, findet sich aber nach *Bernard's*[4]) neuesten Forschungen in besondern Zellen der Placenta (bei Nagethieren) oder in besondern das Amnion hie und da überziehenden Zellenhaufen. In

Vorkommen.

1) *Gottlieb*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 75, S. 51—61.
2) *Cl. Bernard*, Compt. rend. T. 44, p. 578—586.
3) *E. Pelouze*, ebendas. p. 1321—1323.
4) *Bernard*, ebend. T. 48, p. 77—86.

der Leber fehlt er nur bei tiefer eingreifenden Störungen der Ernährung, besonders auch in allen fieberhaften Affectionen.

Physiologischer Werth.

Der leichten Umwandlungsfähigkeit halber darf wohl angenommen werden, dass der aus der Leber ins Blut gelangende Zucker hauptsächlich dieser Materie seinen Ursprung verdankt. Das Vorkommen dieser Substanz in den Organen des thierischen Eis zu Zeiten, wo die Leber noch nicht fungirt, scheint ein Beweis mehr für die Wichtigkeit des Zuckers bei der thierischen Stoffmetamorphose. In der Leber selbst hat man übrigens ein stickstoffhaltiges Ferment gefunden, durch welches die Umsetzung dieser Materie in Zucker bedingt wird.

Entstehung.

Wie schon oben (S. 135 u. 142) angedeutet, so lässt sich denken, dass das Glykogen in den Leberzellen oder den erwähnten Zellen der Eihäute aus zerfallenden Albuminaten oder aus Glycerin hervorgehe.

Dokimasie.

Um sich von der Existenz des Glykogens in der Leber zu überzeugen, muss das Organ möglichst frisch in dünnen Stücken in siedendes Wasser eingetragen werden; die dadurch zerreiblich gewordenen Stückchen werden nun in einer Reibschale zerkleinert und in das Wasser zurückgebracht, um sie noch $^3/_4$ St. lang der Siedehitze auszusetzen. Man presst dann aus und filtrirt. Der abfiltrirten opalisirenden Flüssigkeit wird das ungefähr fünffache Volumen Weingeist (d. h. wenn nicht zuviel Wasser zur Extraction der Lebersubstanz angewendet worden ist) zugefügt, wodurch das Glykogen in gelblichweissen Flocken, zugleich gemengt mit albuminöser Materie, ausgeschieden wird. Durch Kochen mit Kalilauge wird auffallender Weise das Glykogen nicht verändert; *Bernard* erhitzte daher das unreine Glykogen $^1/_2$ St. lang mit einer concentrirten Kalilauge und fügte dann Alkohol zu, welcher das Glykogen fällt, das Albuminat aber in Lösung erhält. Der Niederschlag enthält neben Glykogen noch etwas kohlensaures Kali; man löst daher denselben in wenig Wasser, setzt etwas Essigsäure zu und fällt von Neuem mit Alkohol.

Jenes albuminhaltige Glykogen kann man besser noch reinigen durch Behandlung mit concentrirter Essigsäure (Ac. aceticum glaciale), wodurch nur die albuminösen Materien und andre Beimengungen aufgelöst werden, nicht aber das Glykogen.

Da das Glykogen auch aus concentrirten wässrigen Lösungen durch starke Essigsäure gefällt wird, so kann es sogar aus dem frischen und etwas concentrirten Leberdecoct durch solche Essigsäure unmittelbar gewonnen werden.

Das Glykogen ist im Ganzen dem Dextrin viel ähnlicher als dem Amylon; von letzterem unterscheidet es sich einerseits durch seine Löslichkeit in kaltem Wasser (diese ist indessen sehr unvollkommen, denn die Lösung des Glykogens hat stets ein milchiges oder wenigstens ein opalisirendes Ansehn), theils durch seine Reaction gegen Jod (von diesem wird es stark weinroth gefärbt; eine Färbung, die beim Erhitzen verschwindet, beim Erkalten aber wieder hervortritt). Vom Dextrin unterscheidet es sich dadurch, dass es mit Wasser nie eine klare Lösung bildet und durch basisch essigsaures Bleioxyd gefällt wird. Eine ammoniakalische Bleilösung schlägt dagegen ebensowohl Dextrin als Glykogen nieder. Mit Thierkohle dürfen glykogenhaltige Lö-

sungen nicht behandelt werden, da dieser Stoff sich auf der Thierkohle niederschlägt.

Dokimasie.

Man kann durch Jod auch die glykogenhaltigen, mit einem oder zwei Kernen versehenen Zellen von Epithelialzellen unterscheiden, indem man dem zur mikroskopischen Untersuchung vorbereiteten Objecte Essigsäure zusetzt und hinreichend verdünnte Jodtinctur zufügt; die fraglichen Zellen werden dadurch weinroth, die Epithelialzellen gelb gefärbt. Besser noch erkennt man das Glykogen in den Zellen dadurch, dass man einen kleinen Theil des thierischen Gewebes mit einer gesättigten Lösung von Aetzkali in Alkokol kurze Zeit macerirt. Der weissliche Niederschlag, welcher sich nach wiederholtem Schütteln absetzt, zeigt unter dem Mikroskop theils die ursprüngliche Form der Zellen, theils amorphe körnige Masse; wird dieser Acidum aceticum glaciale und verdünnte Jodtinctur zugesetzt, so tritt die weinrothe Färbung auf das deutlichste hervor.

Dextrin.

Dextrin $C_{12}H_{10}O_{10} + ?HO$, soll sich im Blute der Lungen und andrer Organe (*Sanson*[1]), *Pelouze*[2]), *Bernard*) und zwar sowohl bei Carnivoren, als Herbivoren vorfinden, in dem letztrer Thiere jedoch in grösserer Menge, so dass man daraus schliessen möchte, ein Theil dieses Dextrins rühre vom Glykogen, ein andrer von der Nahrung her.

Da das Dextrin sich im Blute und in Berührung mit Gewebsflüssigkeiten leicht in Zucker umwandelt, so dürfte dessen Auffindung nicht ganz leicht sein. Man wird daher bei der Aufsuchung desselben am besten thun, ganz frische Objecte anzuwenden und im Allgemeinen dieselbe Methode, wie zur Erkennung des Glykogens, einzuschlagen. Die Unterschiede zwischen beiden sind oben angedeutet.

Sanson scheint übrigens die aus allen albuminösen Flüssigkeiten darstellbaren stickstoffhaltigen Materien, welche den Peptonen oder dem Mulder'schen Proteïntritoxyd gleichen, oft für Dextrin gehalten zu haben. Der Mangel dieser Stoffe an der Fähigkeit in Zucker überzugehen, so wie das Verhalten gegen Salpetersäure möchten dieselben leicht von wirklichem Dextrin unterscheiden lassen. *Poiseuille* und *Lefort* vermochten kein Dextrin im Organismus mit Fleisch gefütterter Hunde nachzuweisen.

Cellulose.

Die Cellulose, $C_{12}H_{10}O_{10}$, welche Zellenwände und Gefässe der Pflanzen sowohl in den niedrigsten Classen der Kryptogamen als bei allen Phanerogamen bildet, findet sich auch in den Organismen gewisser Thiere. *C. Schmidt*[3]) entdeckte sie zuerst in dem Mantel der Phallusia mamillaris und später wurde sie in dem entsprechenden Organ andrer Tunicaten gefunden; so erkannten sie auch *Löwig* und *Kölliker*[4]) in der knorpligen Hülle der einfachen Ascidien, in dem lederartigen Mantel der Cynthien und in dem äussern Rohre der Salpen.

Vorkommen.

Ja selbst in den Thieren höherer Ordnung glaubt man diesen Stoff vorgefunden zu haben; während nämlich *C. Schmidt* bereits muthmaasste, dass die das feste Gerüst der Crustaceen, Arachniden und Insecten bildende Sub-

1) *Sanson*, Compt. rend. T. 44, p. 1323 - 1325.
2) *E. Pelouze*, ebendas. p. 1321.
3) *C. Schmidt*, Zur vergl. Physiol. der wirbellosen Th. 1845 S. 62.
4) *Löwig* und *Kölliker*, Ann. des sc. nat. 3 Sér. T. 5, p. 193—232.

Vorkommen. stanz, das sog. Chitin, ein Kohlenhydrat enthalten müsse, da diese Materie bei der trocknen Destillation saure Producte liefert, während *Berthelot*[1]) die Ansicht wahrscheinlich machte, da er aus demselben Zucker durch Behandlung mit kalter concentrirter Schwefelsäure darzustellen vermochte, glaubt *Peligot*[2]) durch Anwendung einer ammoniakalischen Kupferoxydlösung nach vorheriger Behandlung mit übermangansaurem Kali u. s. w. wahrhafte Cellulose daraus dargestellt zu haben.

Physiologischer Werth. Während im Organismus der höhern Thiere, wie weiter unten gezeigt werden wird, stickstoffhaltige, eiweissartige oder leimgebende Substanzen die schwer- oder unlösliche Hülle der Zellen, die feste Grundlage der Gewebe und selbst des ganzen Organismus bilden, sehen wir in der Classe der Insecten bereits eine der Cellulose wenigstens sehr ähnliche Materie mit einem stickstoffhaltigen Körper gewissermaassen amalgamirt, denselben Dienst verrichten, in den niedern Thieren die Cellulose aber selbst völlig an die Stelle der stickstoffhaltigen Gewebsbildner treten, so dass dieser Thiere Skelett sich dem der Pflanzen gleich stellt.

Genesis. Die Frage, ob die erwähnten Thiere die Cellulose erst innerhalb ihres Organismus erzeugen, so wie die höhern Thiere Zucker, lässt sich allerdings nicht mit aller wissenschaftlichen Bestimmtheit verneinen: allein höchst wahrscheinlich ist es, dass dieselben die in ihrer Nahrung (bestehe diese aus Pflanzen oder noch niedreren Thieren) aufgenommene Cellulose durch ihre Verdauungssäfte in Lösung versetzen und dann an den betreffenden Orten wieder ablagern. Hat man auch früher die Cellulose als einen völlig unlöslichen Stoff betrachtet, so wusste man doch, dass dieselbe der andauernden Einwirkung von Säuren so wie von Alkalien keineswegs widersteht, ja dass sie durch einen Gährungsprozess in Lösung versetzt wird (*Mitscherlich*). Durch *Schweitzer's* Entdeckung hat man aber in dem Kupferoxyd-Ammoniak ein wahres Lösungsmittel kennen gelernt; es ist daher jetzt nicht mehr die Möglichkeit zu bezweifeln, dass der Organismus jener Thiere Flüssigkeiten erzeuge, die ähnlich dem Kupferoxyd-Ammoniak die Cellulose aufzulösen vermögen.

Die Entdeckung eines Lösungsmittels für Cellulose erlangt für die gesammte Physiologie noch eine weit erheblichere Bedeutung; denn sie liefert den Beweis, dass auch die gewebsbildenden oder in dem Gewebe als Constituentien der Zellen und Fasern abgelagerten Materien der reinen Chemie in jeder Beziehung anheim fallen. Sie beweist auf das entschiedenste, dass auch hier nicht von einer specifisch vitalen, vom reinen Chemismus unabhängigen Materie die Rede sein kann. Denn gerade aus jener Lösung kann die unveränderte Cellulose mit allen ihren Eigenschaften und gleichem Verhalten gegen Säuren, Alkalien und selbst gegen Pigmente (*Bolley*[3]) wiederhergestellt, bestimmte chemische

1) *Berthelot*, Compt. rend. T. 47, p. 227–230.
2) *Peligot*, ebendas. p. 1034–1039.
3) *Bolley*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 106, S. 235.

Verbindungen damit hervorgebracht und ihr Atomgewicht, wie das jeder andern chemischen Substanz, bestimmt werden. Die Gewebsstoffe lassen also nur in ihrer Structur das Wirken vitaler Thätigkeit erkennen, sind aber an sich eben so wohlcharacterisirte chemische Stoffe, wie Essigsäure oder schwefelsaures Kali.

Dokimasie.

Um die Cellulose in einem thierischen Gewebe nachzuweisen, ist dasselbe zu zerkleinern, was in der Regel leicht ausführbar, da dieselben getrocknet meist zerreiblich sind; allein bei vielen, z. B. den Krebsschalen und den Insecten, ist diess kaum nöthig, da aus diesen durch blosse Anwendung von Lösungsmitteln zunächst ein Chitin hergestellt werden kann, welches die Form der Krebsschale oder des ganzen Insects beibehalten hat. Man behandelt die Gewebe mit kaltem Wasser, zieht dann mit heissem Weingeist aus, digerirt mit verdünnter Salzsäure und kocht endlich mit nicht allzu concentrirter Kalilauge. Nach dieser Behandlung bleibt bei den Tunicaten fast reine Cellulose, bei den Insecten aber Chitin zurück. Im Chitin ist, wie oben berührt, die Cellulose mit stickstoffhaltiger Materie innig gemengt, so dass zum Nachweis derselben diese (wie zuerst *Peligot* bei den Seidenraupen gethan) durch das ammoniakalische Kupferoxyd in Lösung versetzt werden muss, daraus wieder präcipitirt und nun weiter untersucht werden kann.

Peligot empfiehlt übrigens zur vorbereitenden Reinigung des Chitins solches erst mit Kalilauge zu behandeln, dann mit einer Lösung von übermangansaurem Kali einige Stunden zu kochen oder einige Tage kalt stehen zu lassen, hierauf das mit Manganoxyd imprägnirte Gewebe von diesem erst durch Kochen mit doppeltschwefligsaurem Natron und nachher mit verdünnter Salzsäure zu befreien. Nur aus so behandeltem Chitin lässt sich nach *Peligot* die Cellulose auflösen und anderweit erkennen; es ist möglich, dass es nur deshalb *Schlossberger* und *Städeler* nicht gelungen ist, das Chitin in jener Flüssigkeit aufzulösen; denn etwa aus dem Darme der Seidenwürmer herrührende Cellulose scheinen wenigstens nach *Peligot's* Referat die von ihm untersuchten Häute nicht enthalten zu haben.

Das erwähnte Lösungsmittel wurde ursprünglich von *Schweitzer* aus unterschwefelsaurem Kupferoxyd und Aetzammoniak bereitet; nach *Peligot's* Vorschlage stellt man es sich aber am einfachsten dar, indem man Aetzammoniak einige Mal über Kupferdrehspähne bei Luftzutritt fliessen lässt. Eine solche Lösung enthält bekanntlich etwas Salpetersäure, die jedoch bei dem Lösungsvermögen dieses Agens nicht in Betracht kommt. Bringt man in diese Lösung Papier, Baumwolle oder eines jener cellulosehaltigen, in beschriebener Weise vorbereiteten thierischen Gewebe, so verwandelt sich dasselbe zunächst in eine dicke Gallert, welche beim Umschütteln und auf Zusatz von etwas Wasser sich meist unter Zurücklassung einiger Flocken auflöst. Da man natürlich nicht durch Papier filtriren kann, so bedient man sich zur Entfernung des ungelösten entweder des Asbests oder besser noch eines aus reinem Merino bereiteten Filters. Die Cellulose schlägt man aus jener Lösung am besten durch Uebersättigen des Reagens mit einer Säure nieder; indessen ist bemerkenswerth, dass sie daraus auch präcipitirt wird durch nur theilweise Sättigung des Ammoniaks mittelst einer Säure oder durch Zusatz eines Alkalisalzes, ja schon durch starke Verdünnung mit Wasser.

Die ausgeschiedene oder noch als Gewebe abgelagerte Cellulose kann leicht nach dem *Schleiden*'schen Verfahren ermittelt werden. Dasselbe besteht

Dokimasie.

bei mikroskopischen Objecten darin, dass man diese zuerst in einem Tropfen wässriger Jodlösung eintrocknen lässt, und diess zwei- oder dreimal wiederholt; zuletzt bedeckt man das noch feuchte Object mit einem Deckplättchen und lässt unter dieses vom Rande her concentrirte Schwefelsäure zufliessen; es wird in den Theilen, die zuerst von der Schwefelsäure berührt werden, alsbald die violette Farbe sichtbar werden. Bei Beobachtungen mit unbewaffnetem Auge kann man erst die Schwefelsäure auf die Cellulose wirken lassen, bis die Masse hie und da gallertartig aufquillt, und dann mit etwas Jodtinctur versetztes Jodwasser zufügen. Die Jodlösung darf nicht zu concentrirt sein, ebensowenig die Schwefelsäure; man thut wohl, gewöhnliche concentrirte Schwefelsäure mit Wasser so weit zu verdünnen, dass Papier eben gerade anfängt, sich damit gallertartig aufzulockern. Anstatt der Schwefelsäure kann man auch eine syrupöse Chlorzinklösung anwenden; in jedem Falle tritt bei Anwesenheit von Cellulose, sobald der Versuch übrigens sorgfältig ausgeführt ist, eine schöne dunkelblaue oder dunkelviolette Färbung hervor, die lange anhält, jedoch zuweilen nach mehreren Stunden, öfter erst mehreren Tagen, in roth und gelb übergeht.

Amyloïde Substanz

kein Kohlenhydrat.

Eine amyloïde Substanz wurde von *Virchow* in verschiedenen Theilen des thierischen Organismus, nur an wenig Orten normaler Weise, wie im Ependyma der Hirnventrikel und in der Substantia grisea centralis des Rückenmarks, hauptsächlich aber bei wachs- oder speckartiger Entartung der verschiedensten Organe, z. B. der Milz, der Leber, der Knorpel, Nieren, Lungen, Prostata, Gefässwandungen, des Darms u. s. w. gefunden. Die fragliche Substanz zeigt sich, wie vorzugsweise im Gehirn, bei der mikroskopischen Untersuchung in concentrisch gestreiften Körperchen oder in glasigen Schollen und Brocken, auch als völlig amorphe Körnchen. Dieselbe giebt mit Jodwasser und Schwefelsäure oder Chlorzink dieselbe Reaction wie Cellulose, ja sie wird oft schon ohne Anwendung von Schwefelsäure durch Jod violett oder bläulich roth gefärbt. Die blaue Farbe geht aber in der Regel bald in grün und gelb über. Beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure löst sich die Substanz, liefert aber keinen Zucker; in Aetzkali ist sie löslich und durch Säuren daraus fällbar. Ihre Lösung in verdünnter Säure scheidet beim Kochen mit Kali und Kupfervitriol kein Oxydul aus, sondern giebt nur eine violette Lösung. *Kekulé*[1]) glückte es, diese Substanz in analysirbarem Zustande zu erhalten, und es ergab sich aus der Elementaranalyse, dass sie nicht nur stickstoffhaltig (15,04%) sondern fast genau so zusammengesetzt war, wie alle eiweissartigen Stoffe.

Pigmente.

Thierische Pigmente.

Dass die Farbe oder die färbende Eigenschaft nicht als Moment einer rationellen Systematik dienen kann, ist allbekannt; da indessen keine der bisherigen chemischen Theorien die meisten der durch ihr Färbungsvermögen ausgezeichneten Stoffe mit zu umfassen vermochte, so sind wir veranlasst, auch die im Thierkörper vorkommenden Stoffe

---

1) *Kekulé*, Heidelberger Jahrbb. Decbr. 1858.

dieser Art neben einander zu betrachten, zumal da sie selbst in gewissen physiologischen Beziehungen zu einander zu stehen scheinen.

Haematin.

Der Blutfarbstoff, Haematin, ist weder seiner empirischen noch theoretischen Zusammensetzung nach genügend bekannt; hervorgehoben wird sein Eisengehalt, der aber ein variabler ist, und zu dem wesentlichen Verhalten dieses Stoffs nichts beiträgt. Ueber seine theoretische Zusammensetzung ist um so weniger ein Urtheil möglich, als er einerseits keine scharf ausgeprägten chemischen Verbindungen mit andern Stoffen eingeht, andrerseits aber mit keinem der zur Spaltung organischer Körper angewendeten Stoffe wohlcharacterisirte Umsetzungsproducte liefert; so wird er z. B. durch Ozon, wie durch übermangansaures Kali gewöhnlich nur so zersetzt, dass immer ein Theil der Substanz völlig zerstört wird, der andre Theil aber nur wenig verändert bleibt; setzt man die Oxydation fort, so hinterbleiben endlich nur Eisenoxyd und phosphorsaurer Kalk. Damit steht in scheinbarem Widerspruche die Thatsache, dass dieser Stoff in gewissen Grenzen äusserst wandelbar ist; während er seine Haupteigenschaften beibehält, erleidet er doch selbst bei der Behandlung mit sehr indifferenten Stoffen Veränderungen. Man ist daher gezwungen, verschiedene Modificationen anzunehmen; das mit oxalsäurehaltigem Alkohol und Aether behandelte Haematin ist nicht dasselbe, welches im Blute gelöst ist, das in jener Flüssigkeit gelöste wird bald darin unlöslich; dieses letztere ist nicht identisch mit dem der Einwirkung von Schwefelsäure ausgesetzt gewesenen, das mit Ammoniak behandelte ist wieder verschieden von diesem, und das durch Eisessigsäure aus eiweissartigen Körpern ausgeschiedene mit keinem von allen diesen völlig übereinstimmend (das letztere ist z. B. in schwefel- und salzsäurehaltigem Alkohol fast völlig unlöslich).

Chemische Verhältnisse.

Verschiedene Modificationen.

In seinem natürlichen Vorkommen finden wir es immer in innigster Mengung mit dem Haematokrystallin; allein selbst in dieser Verbindung erleidet es mannichfache Umwandlungen, wie man sich leicht beim Umkrystallisiren des nicht entfärbten Haematokrystallins überzeugen kann.

Auf eine andre Art dieser Haematinmodificationen, die sich auch in dem reinsten, aber noch pigmenthaltigen Haematokrystallin geltend macht, hat *Brücke*[1]) die Aufmerksamkeit gelenkt, indem er nachwies, dass das Haematin venösen oder kohlensäurereichen Blutes dichroïtisch, das des arteriellen oder sauerstoffreichen monochroïtisch ist; dieser Dichroïsmus findet sich auch in dem durch Säuren bereits modificirten Haematin wieder bei Behandlung mit verschiedenen Agentien.

Aus dem Verhalten des dem Haematokrystallin beigemengten Haematins ist zu schliessen, dass beide Körper nicht in chemischer Verbindung

---

1) *Brücke*, Sitzungsber. d. Ak. d. Wiss. zu Wien Bd. 11 S. 1070.

befindlich sind, sondern nur so hartnäckig an einander haften, wie überhaupt Pigmente gewissen Stoffen folgen.

Leitet man z. B. durch eine alkalische Lösung von Haematin Kohlensäure, so entsteht keine Fällung; eine alkalische Lösung entfärbten Haematokrystallins wird dagegen durch Kohlensäure gefällt; mischt man aber beide Lösungen, so wird durch Kohlensäure das Haematin mit dem Haematokrystallin vollständig aus der Lösung ausgeschieden.

Vorkommen. Das Haematin ist nur in den Blutkörperchen der Wirbelthiere gefunden worden. Seine Menge im Blute ist im Allgemeinen abhängig von der Zahl der farbigen Blutzellen; doch dürfte das Verhältniss dieses Stoffs zu den albuminösen Stoffen des Blutkörpercheninhalts ein verschiedenes sein; denn nicht nur zeigen die Körperchen des Bluts eine sehr verschiedene Intensität der Farbe, sondern auch der Eisengehalt der Körperchen ist sehr verschieden gefunden worden; man pflegt indessen aus dem Eisengehalte auf die Menge des vorhandenen Haematins zu schliessen.

Entstehungsweise. Ueber die Genesis des Haematins im Blute werden wir so lange im Dunkeln bleiben, als nicht die innere Constitution dieses Stoffs erforscht ist.

Physiologische Bedeutung. Da das in den Blutkörperchen gelöste Haematin in Folge von Einwirkung gewisser Gase bald lichter, bald dunkler gefärbt, bald dichroïtisch, bald nur monochroïtisch wird, so liegt der Gedanke nahe zu glauben, dass es in den Blutkörperchen eine gewisse Rolle in Bezug auf deren Absorptionsfähigkeit für Gase spiele. Voreilig ist es aber, hiernach dem Haematin allein die Fähigkeit zuschreiben zu wollen, den Sauerstoff zu condensiren [1]), da nicht nur der directe Beweis dafür gänzlich fehlt, sondern auch das entfärbte reine Haematokrystallin (d. i. der albuminöse Inhalt der Blutkörperchen) diese Eigenschaft in der That in hohem Grade besitzt, wie die einfachste Beobachtung an diesem Stoffe zu lehren vermag.

Modificirtes Haematin findet sich überall, wo Blut aus den Gefässen ins Zellgewebe ausgetreten ist; dasselbe stimmt aber in seinem Verhalten nie ganz mit dem künstlich nach irgend welcher Methode dargestellten überein. Im Harn finden sich weitere Modificationen desselben; in der Milz, einem Organe, wo nachweisbar das Blut wesentliche Umwandlungen erleidet, ist unter andern auch von *Scherer* eine neue Modification des Haematins gefunden worden. Könnte die Elementaranalyse diesen Modificationen nachkommen, so würde man wohl im Stande sein, die Art der allmäligen Zersetzung dieses Stoffs wissenschaftlich aufzufassen.

Konnte man bisher aus dem Vorkommen des Haematoïdins in ältern Blutextravasaten auf eine nahe Beziehung zwischen Haematin und Haematoïdin schliessen, so musste die von *Valentiner* höchst wahrscheinlich

---

1) *Hoppe*, Anleitung zur Analyse S. 113.

gemachte Identität des braunen Gallenpigments mit dem Haematoïdin zu dem Gedanken führen, dass der Farbstoff des Blutes, das Haematin, in der Leber oder an andern Orten des Thierkörpers in das braune Gallenpigment, das Cholepyrrhin, verwandelt werde. Eine kräftige Stütze hat *Kühne* dieser Hypothese durch die Entdeckung der Thatsache verschafft, dass nach Injectionen pigmenthaltigen Haematokrystallins ins Blut oder nach Zerstörung eines Theils der Blutkörperchen durch Injection gewisser Stoffe in die Venen der Harn stets reich an Cholepyrrhin erscheint.

Dokimasie.

Der Nachweis des Haematins in einer thierischen Flüssigkeit oder Substanz ist im Allgemeinen so leicht zu führen, dass man bei gerichtlichen Untersuchungen von Blutflecken oft die Beweiskraft der Untersuchung von der Erkennung dieses Pigments abhängig gemacht hat (indem man dabei vor allem seine Löslichkeit in schwefelsäurehaltigem Alkohol urgirte); allein die mikroskopisch-mechanische Analyse giebt namentlich in den Fällen, wo nur Blutspuren der Untersuchung vorliegen, einen viel sichern Ausweis, als die chemischen Reactionen auf Haematin, die bei Anwesenheit kleiner Mengen sehr leicht zu Irrungen Veranlassung geben können.

Da das Haematin fast nur mit albuminösen Substanzen gemengt vorkommt, so pflegt man zunächst die Flüssigkeit oder eine besonders bereitete Lösung zu erhitzen, wobei sich das Haematin mit dem Gerinnsel abscheidet; das letztre, welchem stets alles Pigment beigemengt ist, extrahirt man gewöhnlich mit Alkohol, dem einige Tropfen Schwefelsäure oder Salzsäure zugesetzt sind. Bei Gegenwart von Haematin entsteht eine röthliche Lösung; diese hinterlässt nach dem Verdunsten des Alkohols eine bräunliche Masse, welche in fixen und flüchtigen, ätzenden und kohlensauren Alkalien löslich ist, in verdünnten wässrigen Säuren aber unlöslich. Aeschert man den Rückstand auf Platinblech ein, so erhält man eine äusserst lockre gelbbräunliche, verhältnissmässig eisenreiche Asche.

Aus frischem Blute oder grössern Blutflecken, die nicht älter als 2 bis 5 Tage sind, kann man auch durch essigsäure- oder oxalsäurehaltigen Alkohol und Aether (1 Th. Alkohol, 4 Th. Aether, $\frac{1}{16}$ Th. Oxalsäure) das Haematin von den coagulirten Albuminaten trennen und krystallisirt erhalten. Hat man ältere Blutextravasate vor sich oder Blutflecken, die länger als 5 Tage der Luft exponirt waren, so löst jene Mischung das Haematin nicht auf; Krystalle, wie sie die beiden beigehenden Figuren zeigen, erhält man aber nur aus Blute, welches höchstens 2 Tage der Luft und keiner höhern Temperatur als etwa 15° ausgesetzt war.

Verschiedene Krystallformen des Haematins.



Fig. 39.

Das Haematin scheidet sich zwar schon beim Stehen seiner sauren alkoholisch aetherischen Lösung in wohlverkorkten Flaschen allmälig in Krystallen aus; doch ist der Zusatz an der Luft zerflossenen Chlorcalciums zu empfehlen, um eine baldige Ausscheidung zu bewirken. Bei schneller Krystallisation erhält

Dokimasie.

man gewöhnlich die auf Fig. 39 unten gezeichneten Büschel von Nadeln, oft nur schwarze, undurchsichtige Kugeln mit hie und da hervortretenden Spitzen; nebenbei treten häufig die zwischen jenen Büscheln verzeichneten blattförmigen, unregelmässigen Krystalle auf. Bei langsamer Abscheidung desselben aus jener Lösung bilden sich zuweilen jene sechsseitigen Tafeln, häufiger aber noch die auf Fig. 40 verzeichneten Formen.

Verschiedene Krystallformen des Haematins.

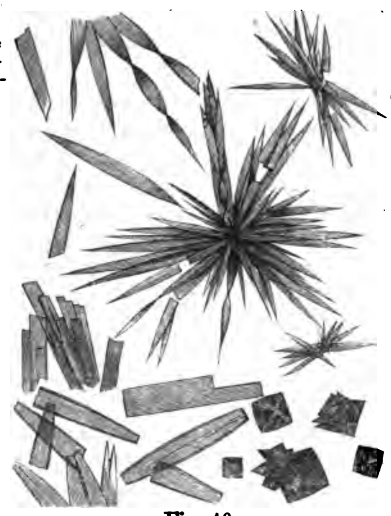


Fig. 40.

Diese langen den Blättern einer Liliacee gleichenden Krystalle sind äusserst dünn, bräunlich und bräunlich grün durchscheinend, meistens isolirt, doch auch in solchen Gruppen, wie die Mitte der Figur eine solche zeigt. Besonders auffällig ist an dieser Krystallisationsform, dass einzelne jener Blätter ein und zweimal um ihre Längsaxe gedreht erscheinen. Lässt man diese Krystalle unter der alkoholisch-ätherischen Flüssigkeit, aus der sie sich ausgeschieden haben, längere Zeit stehen, so bilden sich die Krystalle einer andern Haematinmodification, welche rechts unten dargestellt sind. Diese erscheinen gewöhnlich bald als quadratische bald als rhombische, dicke, schwarze Tafeln, die jedoch bei näherer Untersuchung sich als flache rhombische Oktaëder zu erkennen geben. Diese letztre Modification bildet sich namentlich, wenn man anstatt organischer Säuren Schwefelsäure mit Alkohol und Aether angewendet hat.

In einer Reihe ebenso unreinlich als umsichtslos ausgeführter Versuche hat *Teichmann* die hübsche Beobachtung gemacht, dass durch Vermittlung von Eisessigsäure und Erhitzen in der Blutmasse Krystalle modificirten Haematins erhalten werden können. *Brücke, Virchow, L. Büchner* und *G. Simon* haben diese Beobachtung praktisch zu verwerthen und die Bedingungen der Bildung dieser Krystalle besser festzustellen verstanden.

Die verschiedenen Haematinmodificationen besitzen nämlich die Eigenschaft, sich beim Erhitzen in essigsauren Proteïnkörpern selbst auch bei grossem Ueberschuss von concentrirter Essigsäure (Buttersäure oder Metacetonsäure) aufzulösen, sich aber beim Erkalten vollständig wieder auszuscheiden. Man kann reines Haematin mit Eiereiweiss oder Globulin aus der Krystalllinse oder irgend einem albuminösen Körper mengen und wird in jedem Falle bei Anwendung von starker Essigsäure (Eisessigsäure) die Lösung und die Wiederausscheidung des Haematins wahrnehmen. Es ist nicht nur unnöthig, sondern sogar störend, die Masse mit der Essigsäure bis fast zur Trockenheit abzudampfen; die Lösung in Essigsäure kann so verdünnt sein, wie möglich, und man wird stets eine vollkommne Ausscheidung des Haematins wahrnehmen, vorausgesetzt, dass die Essigsäure concentrirt genug war und man etwa 1 bis 2 Minuten lang gekocht hatte.

Ein wichtiger Umstand hierbei ist aber der, dass das modificirte Haematin

(es ist diess von den eben erwähnten dasjenige, das sich nicht in schwefel- oder salzsäure-haltigem Alkohol auflöst) sich gewöhnlich krystallinisch ausscheidet; diess geschieht jedoch nur, wenn, wie gewöhnlich, den Albuminaten Salze, namentlich Chlornatrium, beigemengt sind. Es hat nämlich den Anschein, als ob die durch Chlornatrium modificirten Proteïnkörper das Haematin länger in Lösung zu erhalten vermöchten, so dass das letztre sich alsdann beim Erkalten krystallinisch zu gruppiren vermag. Sulphate und Phosphate können hier übrigens nicht die Stelle von Chloralkalien vertreten.

Dokimasie.

Wendet man z. B. eine Lösung reinen, nur noch pigmenthaltigen Haematokrystallins (spec. Gew. 1,012) an, kocht diese mit dem 2, 3 bis 12fachen Volumen Eisessigsäure etwa eine Minute lang, so wird die Flüssigkeit opalisirend und man findet darin nach dem Erkalten unter dem Mikroskop nur dunkelbräunliche, völlig amorphe Körnchen. Hat man dagegen bei übrigens völlig gleichem Verfahren etwas Chlornatrium zugesetzt, so wird die Flüssigkeit beim Erkalten schwarzgrau getrübt; bald wird sie völlig klar und der Boden des Gefässes (des Probirgläschens) bedeckt sich mit einem schwarzen Hauche; bringt man von dem letztern mittelst der Pipette etwas unter das Mikroskop, so erkennt man die deutlichsten Krystalle, schwarzbraune oder schwarze, scharfcontourirte, rhombische Tafeln bildend. Die Verwendung dieser Thatsache bei gerichtlichen oder anderen Untersuchungen selbst der kleinsten Mengen Blut ergiebt sich hiernach von selbst.

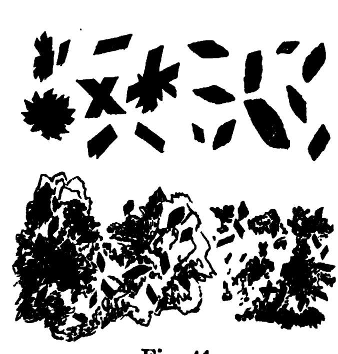


Fig. 41.

Krystallformen der unlöslichen Haematinmodification.

In der obern Hälfte dieser Figur sind die Formen und Gruppen dargestellt, in welchen sich das Haematin beim blossen Kochen mit kochsalzhaltigen Albuminatlösungen auszuscheiden pflegt. Man erhält nach diesem Verfahren oft nur ganz kleine meist gekreuzte Stäbchen oder Nadeln, gewöhnlich aber Tafeln, deren Längsdurchmesser $^1/_{800}'''$ bis $^1/_{25}''$ erreichen kann. Die im untern Theil der Figur befindlichen Krystalle sieht man in amorphen Massen eingebettet; solche unreinliche Bilder erhält man nur, wenn man das Blut oder die haematinhaltige Albuminatlösung mit der Essigsäure eindampfen zu müssen glaubt.

Gallenpigmente.

Die Pigmente der Galle sind wie die meisten Stoffe, deren Hauptcharakter in ihrer Farbe und ihren Farbveränderungen liegt, chemisch noch sehr wenig erforscht; und zwar aus leicht begreiflichen Gründen; denn sie haften hartnäckig an mancherlei organischen Materien und folgen diesen selbst in die verschiedensten, löslichen oder unlöslichen Verbindungen; sie sind zum Theil nicht leicht krystallisirt zu erhalten, ohne Zersetzung nicht zu verflüchtigen, entbehren also der Eigenschaften, deren der Chemiker sich zur Reindarstellung der Stoffe bedient; endlich aber lehrt schon ihre Farbveränderung, wie wandelbar diese Stoffe sind. In den meisten Objecten wird man daher Gemenge von Producten solcher Umwandlungsstadien zu suchen haben. Indessen verspricht die nächste Zeit, da gleich dem Haematin auch man-

che Gallenpigmente krystallisirt und ziemlich rein erhalten worden sind, einen genauern Aufschluss über diese Materien. Die Physiologie vermag ebendesshalb bis jetzt jene Stoffe im Ganzen noch wenig zu verwerthen.

Braunes Gallenpigment.

Ein brauner Farbstoff, Cholepyrrhin (*Berzelius*) Bilifulvin (*Virchow*) Biliphäin (*Heintz*) scheint in der Galle der meisten Thiere der primitive Stoff zu sein; denn nicht bloss durch Säuren, nicht bloss durch den Zutritt der Luft zu alkalischen Lösungen, sondern selbst in der Gallenblase des lebenden Thiers geht derselbe allmälig in einen grünen Stoff über; trotzdem wird er von der Leber aus meistens unverändert in andre Organe und Flüssigkeiten unter physiologischen und häufiger noch unter pathologischen Verhältnissen übergeführt. Im Darmcanale wird er unter normalen Umständen bald schneller bald langsamer in die grüne Verbindung und noch weiter umgewandelt; unverändert lässt er sich höchstens bis zum Coecum nachweisen.

Grünes Pigment.

In der Galle der Vögel, Fische und Amphibien findet man ein grünes Pigment, Biliverdin (*Berzelius*), vorherrschend; dagegen nur wenig von dem braunen Pigmente; doch gewinnt es mehrern Thatsachen nach den Anschein, als ob auch hier das grüne aus dem braunen hervorgegangen sei. Denn dieses grüne Pigment ist unsern bisherigen Erfahrungen nach völlig identisch mit jenem, welches durch Oxydation aus dem braunen hervorgeht.

Haematoïdin.

Eine höhere Bedeutung für die Physiologie würden diese Stoffe erhalten, wenn (was zwar noch nicht völlig erwiesen, aber durch *Valentiner*[1]) doch höchst wahrscheinlich gemacht worden ist) sich bestätigen sollte, dass das Haematoïdin, welches sich überall da im Organismus bildet, wo Blut aus den Gefässen ausgetreten und bis zu einem gewissen Grade zur Resorption gelangt ist, völlig identisch sei mit dem braunen Gallenpigment.

Das Haematoïdin, von *Virchow* entdeckt, findet sich in den Graaf'schen Follikeln, in alten apoplektischen Heerden, in obliterirten Blutgefässen, Aneurismen, Hautsugillationen, haemorrhagischen Milzinfarcten u. s. w.

Die von *Robin* und *Mercier* ausgeführte Analyse von Haemotoïdin berechtigt in keiner Beziehung zu Aufstellung einer chemischen Formel; es wurden nur 0,0002 % Asche gefunden und darin hauptsächlich Eisen.

Cholepyrrhin.

Das Cholepyrrhin ist von *Virchow* krystallisirt in der Galle von Leichnamen nach längerer Retention dieser Flüssigkeit in der Blase und bei Blasenkatarrh gefunden worden, in amorpher Gestalt, aber krystallisirbar, von *Valentiner* in normaler Menschen- und Thiergalle aufgelöst, in pigmenthaltigen Gallenconcrementen, in ikterischen fettreichen Lebern zuweilen krystallisirt, häufiger amorph, in den verschiedensten Geweben und Flüssigkeiten bei Ikterus.

Das Biliverdin findet sich nur in ziemlich seltnen Gallenconcre-

---

1) *Valentiner*, Günzburg's Zeitschr. Decbr. 1858 S. 46 - 52.

menten, welche grünlich schwarze, höckrige und stängliche Conglomerate bilden; in den Excrementen findet man es sehr häufig bei Ikterus neonatorum und bei Erwachsenen in Zuständen sogenannter Polycholie, wo mit reichlicher Gallenabsonderung die Darmcontenta schnell an die Aussenwelt befördert werden. Im frischen Harn hat man nur Cholepyrrhin gefunden; erst wenn der rothbraune pigmenthaltige Harn an der Luft steht und säuert, geht das Cholepyrrhin in Biliverdin über.

Dokimasie.

Das Haematoïdin kommt ebensowohl amorph in Körnchen, Kugeln und zackigen Massen, als in wohl ausgebildeten, dem monoklinoëdrischen System angehörigen Krystallen vor, oft reinen Rhomboëdern gleichend, oft in flachen, gypsähnlichen Prismen oder Nadeln.


Fig. 42.

Haematoïdin in Bindegewebe.

In beistehender Figur zeigt sich das Haematoïdin in Bindegewebe eingebettet. Die Krystalle sind stark lichtbrechend und durchsichtig, von gelbrother, rother oder rubinrother Farbe. Durch Wasser, Alkohol und Aether werden die Krystalle nicht angegriffen; in Alkalien und in Salzsäure lösen sie sich nur langsam; von organischen Säuren werden sie nicht merklich verändert.

Das Bilifulvin Virchow's erscheint in krankhafter Galle meistens in feinen Nadeln oder wurstförmigen, hie und da knolligen Massen, an denen kaum etwas krystallinisches wahrgenommen werden kann. Hie und da sind die kleinern dieser Nadeln sternförmig gruppirt, zuweilen erkennt man aber in solchen Stäbchen oder wurstförmigen Massen doch ein krystallinisches Gefüge, so dass kleine Zwillingskrystalle an einander gelagert zu sein scheinen und das ganze Stäbchen in Zickzackform erscheint (s. Fig. 43).

Zum Nachweis des Gallenpigments in thierischen Geweben und Flüssigkeiten oder im Dünndarminhalte reicht sehr oft die Anwendung von concentrirter reiner oder am Licht gestandener etwas Untersalpetersäure enthaltender Salpetersäure aus. Um das Farbenspiel, wodurch sich das Gallenpigment auf Anwendung jener Säure auszeichnet, deutlich zu erhalten, lässt man am besten am Rande des Probirgläschens einen Tropfen Salpetersäure nach dem andern langsam herablaufen, so dass bloss die oberste Flüssigkeitsschicht davon berührt wird; es bildet sich nun zunächst eine grüne Scheibe, die allmälig in blau, violett, blassroth, dunkelroth und endlich in gelb übergeht; dabei bilden sich namentlich auf vorsichtigen Zusatz von noch mehr Salpetersäure mehrere nach jener Farbenscala verschieden gefärbte Schichten; bei längrem Stehen geht alles in Gelb über; Gegenwart von Albumin hindert diese Reaction nicht, ja selbst coagulirtes Albumin, mit welchem sich das Pigment wenigstens theilweise niederzuschlagen pflegt, lässt noch die schönste Reaction zu. Beachtenswerth ist, dass nicht immer alle jene Farben auftreten; eine oder die andere entgeht gewöhnlich der Beobachtung; grün und rosa oft auch violett dauern meistens am längsten. Um eine schöne Reaction zu erhalten, ist es zu empfehlen, die gewöhnliche Salpetersäure mit dem halben, ganzen oder dem doppelten Volumen englischer Schwefelsäure zu

Dokimasie. mengen; die Salpetersäure wird dadurch nicht bloss concentrirter, sondern sie zersetzt sich auch zum Theil in Untersalpetersäure (ohne deren Gegenwart in vielen Fällen gar keine Reaction wahrnehmbar wird).

Zuviel Untersalpetersäure darf indessen die Salpetersäure oder das Gemisch von Schwefelsäure und Salpetersäure auch nicht enthalten, da diese die Farbe schnell wieder zerstören würde. In manchen Fällen, wo selbst das beschriebene Verfahren sorgfältig ausgeführt, keine deutliche Reaction giebt, kann durch die folgende sehr empfehlenswerthe Methode von *W. Kühne* [1]) noch eine Spur Gallenpigment erkannt werden; man füllt nämlich ein Probirgläschen etwa 1 Zoll hoch mit der tauglichen Salpetersäure und lässt mittelst einer Pipette die auf Gallenpigment zu prüfende Flüssigkeit am Rande des Probirgläschens herablaufen; hier mischen sich bei einiger Vorsicht die Flüssigkeiten noch weniger, als wenn man, wie oben angegeben, umgekehrt verfährt. Auch hier entstehen an der Berührungsstelle beider die fraglichen Farbenringe.

Um das Pigment krystallinisch zu erhalten, hat *Valentiner* im Chloroform ein treffliches Mittel entdeckt. Die Herstellung dieser Krystalle gelingt daher sehr einfach oft schon dadurch, dass man die betreffenden Flüssigkeiten mit Chloroform schüttelt; bei Geweben ist es jedoch vorzuziehen, dieselben vorher durch Aether möglichst von Fett zu befreien und dieselben nachher mit Chloroform zu behandeln. Das letztere verflüchtigt sich bekanntlich sehr schnell; daher man, um schöne Krystalle für die mikroskopische Untersuchung zu erhalten, wohlthut, die Lösung in einem gewöhnlichen Probirgläschen der spontanen Verdunstung zu überlassen. Indessen bilden sich oft auch sehr schöne Krystallgruppen, wenn man einen Tropfen der Lösung, mit dem Deckplättchen bedeckt, auf dem Objectträger verdunsten lässt. Die schönsten Krystalle verschafft man sich, wenn man der Chloroformlösung ein wenig Fett zusetzt und dieses nach der Verdunstung des Chloroforms durch Aether entfernt. Auch in der Chloroformlösung giebt Salpetersäure die oben beschriebene Reaction. In Glycerin, Benzol, Alkohol, Aether, Holzgeist und ätherischen Oelen ist dieses Pigment unlöslich; in Alkalien dagegen und in Seifen löst es sich ziemlich leicht auf, in alkalischer Lösung giebt es mit Salpetersäure noch den intensivsten Farbenwechsel.

Krystallformen des Bilifulvins, künstliches und in der Galle präformirtes.



Fig. 42.

Die grössern, regelmässigen Krystalle sind solche, die aus fetthaltigen Chloroformlösungen erhalten wurden und welche dem Haematoïdin in jeder Hinsicht gleichen. Neben diesen bilden sich häufig die grossen, stark gestreiften Massen (links nach unten zu), welche dunkelrubinroth erscheinen. Auf der linken Seite der Figur sind die Efflorescenzen angedeutet, wie sie sich gewöhnlich bei schnellerm Verdunsten des Chloroforms auf Glasflächen bilden. Rechts unten ist das ursprünglich von *Virchow* so genannte Bilifulvin, wie es sich zuweilen in krankhafter Galle vorfindet; es sind diess unregelmässige Stäbchen, einige Rhomboëder.

1) *W. Kühne*, Arch. f. pathol. Anat. Bd. 14, S. 332.

wurst- und knollenförmige Massen neben Stängelchen, an denen man mehr oder weniger deutlich eine durch Aneinanderreihung rhomboëdrischer Krystallchen bedingte Zickzackform wahrnehmen kann; oft erscheinen auch einzelne Zwillingskrystalle.

Genesis.

Ueber die schon oben berührte nahe Beziehung des Gallenpigments zum Blutpigmente hat *W. Kühne*[1]) sehr interessante Aufschlüsse gegeben, obgleich der Gegenstand noch nicht nach allen Richtungen hin aufgehellt ist. Einem Versuche nach, in welchem nach Injection von Haematokrystallinlösung ins Blut eines Hundes eine geringe Menge Gallenpigment im Harn desselben gefunden wurde, möchte es scheinen, als ob überhaupt freies ausserhalb der Blutkörperchen befindliches Haematin im Blute in Gallenpigment umgewandelt werde und letzteres dann im Harn auftrete. Dagegen wiesen andre Versuche aus, in welchen entfärbte Galle, glykocholsaures Natron u. dergl. ins Blut lebender Hunde injicirt worden waren, dass in Folge theilweiser Zerstörung der Blutkörperchen durch die Galle das ausgetretene Haematin im Harn als Cholepyrrhin erscheint (vergl. unten „Blutkörperchen"). Da die Gallensäuren *Kühne's* sorgfältigen Forschungen zufolge unverändert im Harn wieder erscheinen, so konnte in solchem Falle das Auftreten von Gallenpigment im Harn eben nur von dem im Blute freigewordenen Haematin abgeleitet werden. Ob die Gegenwart von Gallensäuren unbedingt zu dieser Umbildung nöthig sei, wie es einigen Beobachtungen nach den Anschein hatte, muss indessen noch dahingestellt bleiben. Ist auch mehrjähriger Bemühungen ungeachtet die künstliche Umwandlung des Haematins in Cholepyrrhin noch nicht gelungen, so dürfte doch aus diesen Versuchen *Kühne's* so wie aus den schon früher angedeuteten Beziehungen der fraglichen Pigmente zu einander zu schliessen sein, dass auch die Quelle des in der Leber gebildeten Gallenpigments wohl in einer Umbildung des Haematins der Blutkörperchen, die dort theilweise zu Grunde gehen, gesucht werden müsse.

Melanin.

Das Melanin bildet, in dodekaëdrische Zellen eingeschlossen, einen dichten Ueberzug über die Innenseite der Choroïdea; in ästigen Zellen überzieht es auch die Gefässe und Nerven des Frosches und andrer Amphibien. Wahrscheinlich bestehen auch die schwarzen Pigmentmassen in den Bronchialdrüsen, im Lungengewebe, im Rete Malpighi der Negerhaut und in melanotischen Geschwülsten aus Melanin, vielleicht auch die schwarzen Granula in obsolescirenden Körnchenzellen und alten Blutextravasaten.

Dass das Melanin ein Umwandlungsproduct des Haematins sei, dafür spricht ebensowohl sein Eisenreichthum als die histiologisch (von *Virchow* und von *Kölliker*) verfolgte Entwicklung jenes Stoffs in den Pigmentzellen.

Die physikalische Bedeutung des schwarzen Pigments in der Cho-

1) *W. Kühne*, Arch. f. pathol. Anat. Bd. 14, S. 329—341.

roïdea ist hinlänglich bekannt; ob an andern Orten das Melanin oder die melanotische Umwandlung gewisser Extravasate besondern Zwecken diene, lässt sich zur Zeit nicht entscheiden.

Dokimasie.

Dieser Stoff ist chemisch noch gar nicht untersucht, da er sich von andern Gewebssubstanzen nicht vollkommen trennen lässt; er ist nämlich gleich vielen der letzteren in Wasser, Alkohol, Aether, verdünnten Säuren und Alkalien völlig unlöslich und zeigt sonst keine characteristischen Eigenschaften. Darum ist es auch noch gar nicht erwiesen, ob die an oben angedeuteten Orten vorkommenden schwarzen Pigmente sämmtlich identisch sind oder nicht; ja selbst mit Kohlentheilchen, die sich zuweilen in der Lunge finden, ist es aus demselben Grunde oft verwechselt worden. Man hat das schwarze Pigment der Lunge ebenso oft für theils eingeathmete theils in der Lunge gebildete Kohle angesehen, als man Russtheilchen in der Schleimhaut der Respirationsorgane für jenes Pigment gehalten hat. Allein obgleich auch durch eine umsichtige mikrochemische Untersuchung das Pigment leicht von Kohle zu unterscheiden wäre, so reicht doch immer die einfache mikroskopische Untersuchung aus. Wer je Russ oder Kohlensplitter unter dem Mikroskop untersucht hat, wird diese nie mit jenem Producte des thierischen Stoffwechsels verwechseln können. Nur die leichtsinnigste, ärztliche Beobachtung kann aber folgendem Irrthum betreffs vermeintlichen schwarzen Pigmentes oder Russes unterliegen. Bei sehr inveterirten Katarrhen kommt es nämlich nicht eben selten vor, dass in den ausgeworfenen Sputis hie und da schwarze, ziemlich stark glänzende Pünktchen wahrgenommen werden, die dem Ganzen ein graues russiges Ansehen ertheilen; diese sind von Aerzten ebenso oft für eingeathmete Lampenrusstheilchen als für melanotische Theile der Lunge bei Emphysema senilis gehalten worden; ein Blick ins Mikroskop lehrt aber, dass jene schwarzen Pünktchen von nichts anderem herrühren, als von Conglomeraten gewisser Körnchenzellen und Körnchenhaufen, deren Körnchen unter dem Mikroskop nicht nur nicht schwarz, sondern hyalin, aber wie aus einer dichten Gallert bestehend, erscheinen; dieser ziemlich groben Körnchen starke Lichtbrechung und Lichtreflex ist es, welche ihre Haufen dem unbewaffneten Auge dunkel oder schwarz glänzend erscheinen lässt. Diese (also unter dem Mikroskop keineswegs tingirt erscheinenden) Körnchenzellen sind aber nicht mit jenen zu verwechseln, die wir in den Sputis bei einer sich nur langsam lösenden Pneumonie (bei der die Expectoration nicht normal von Statten ging) zu finden pflegen; hier sind die Körnchenzellen oft unter dem Mikroskop sehr dunkel, ja fast schwarz gefärbt und die einzelnen Körnchen den Körnchen des schwarzen Pigments oft sehr ähnlich, wiewohl keineswegs damit identisch: diese bewirken aber gerade kein graues oder russiges Ansehen der Gesammtsputa.

Eine Verwechslung schwarzen Pigments mit Schwefeleisen, auf deren Möglichkeit *Jul. Vogel* aufmerksam machte, wird jeder leicht vermeiden, der wenigstens die Anfangsgründe der analytischen Chemie kennen gelernt hat.

Harnpigmente.

Die Farbstoffe des Harns, die schon in gewöhnlichem Harn, besonders aber in krankhaftem, uns oft so grell vor Augen treten, sind trotz vieler Bemühungen noch so wenig erforscht, dass sie der Physiologie zur Zeit nicht den geringsten Anhalt gewähren; ja selbst für die

ärztliche Diagnostik sind sie zahlreicher Beobachtungen ungeachtet fast ohne allen Werth.

Historisches. Nachdem man in früherer Zeit den Harnpigmenten viel Aufmerksamkeit zugewendet hatte, aber zu keinerlei Resultaten gekommen war, wies *Scherer*[1]) zuerst einen kohlenstoffreichern und einen kohlenstoffärmern Farbstoff im Harne nach, welche im wesentlichen durch neutrales und basisches essigsaures Bleioxyd von einander gesondert wurden. Das kohlenstoffreichere Pigment, auch von *Heller*[2]) gefunden, lieferte bei der Behandlung mit Alkohol eine purpurblaue Lösung, die beim Verdunsten ein dunkelblaues Pulver hinterliess. Dieses blaue Pigment, *Cyanurin* (*Braconnot*[3]), *Purpurin* (*Golding Bird*[4]), *Uroglaucin* (*Heller*), *Urocyanin* (*Alois Martin*[5]), findet sich oft im Harne bei Nierendegeneration und da zuweilen krystallisirt (*Virchow*[6]). Die *Scherer*'schen Harnpigmente lassen sich nach *Harley*[7]) noch in vier Stoffe trennen, von denen der eine in Aether, ein anderer in Alkohol, ein dritter nur in salzsäurehaltigem Alkohol, ein vierter aber in keiner Flüssigkeit löslich ist. Der in Aether lösliche Stoff, *Urohaematin*, ist amorph, harzartig, glänzend, in durchfallendem Lichte schön hochroth, eisenhaltig, in mancher Beziehung, namentlich Säuren und Alkalien gegenüber, dem Haematin, ähnlich.

Arthur Hill Hassal[8]) sowie *Neubauer* schieden aus Harn, theils gefaultem theils mit Säuren behandeltem, eine dem Indigo ähnliche Substanz aus, die *H. v. Sicherer*[9]) unter des Letztern Leitung schon ziemlich bestimmt als wirkliches Indigblau erkannte, indem er besonders die Sublimirbarkeit und Reducirbarkeit dieses Stoffs nachwies. Der Gehalt des normalen Harns an einer zucker- und indigblaubildenden Substanz ist aber durch *E. Schunck*[10]) neuerdings ausser Zweifel gestellt worden. Frischer Harn ist mit basischessigsaurem Bleioxyd im Ueberschuss zu fällen, die vom Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit aber durch Aetzammoniak zu präcipitiren; der völlig weisse Niederschlag ist auszusüssen und mit kalter verdünnter Salzsäure oder Schwefelsäure zu zersetzen. Meist färbt sich schon der Niederschlag auf dem Filter blau; die durchgehende braune Flüssigkeit aber scheidet an der Luft stehend allmälig das Indigblau ab, während aus der hiervon getrennten braunen Flüssigkeit sich beim Kochen ein dunkelbraunes Pulver abscheidet, von welchem ein Theil sich in siedendem Alkohol mit purpurblauer Farbe auflöst und wohl mit *Schuncks Indirubin* identisch sein könnte.

---

1) *Scherer*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 57, S. 180—195.
2) *Heller*, Arch. f. phys. u. pathol. Ch. u. Mikr. 1845, S. 161—163.
3) *Braconnot*, Ann. d. Ch. et de Phys. T. 29, p. 252.
4) *Golding Bird*, Urinary Deposits. London 2. edit. p. 73, 134, 250.
5) *Alois Martin*, Heller's Arch. Bd. 4, S. 191—196.
6) *Virchow*, Verhandl. der physik. med. Ges. zu Würzburg Bd. 1, S. 423.
7) *Harley*, ebendas. Bd. 2 S. 303—308.
8) *Arthur Hill Hassal*, Philos. Mag. Septbr. 1853. Chem. Gaz. 1853 p. 335.
9) *Neubauer* u. *H. v. Sicherer*, Ann. der Ch. u. Pharm. Bd. 90, S. 120—123.
10) *E. Schunck*, Memoirs of the literary and phil. Society of Manchester V. 14, p. 239. 1857.

Histiogenetische Stoffe.

Die hieher gehörigen allgemeiner im thierischen Organismus verbreiteten stickstoffhaltigen Materien sind chemischerseits zwar schon sehr mannichfachen und sorgfältigen Untersuchungen unterworfen worden: allein noch ist es nicht gelungen, eine bestimmtere Ansicht über ihre theoretische Constitution und das Verhältniss der einander zum Theil so ähnlichen Glieder dieser Classe aufzustellen. In diesem wichtigsten Theile der Zoochemie bietet uns also die theoretische Chemie nur sehr wenig feste Stützpunkte dar. Der Hauptgrund dieser traurigen Erscheinung ist darin zu suchen, dass es noch nicht gelungen ist, für eine einzige der hieher gehörigen Materien das Atomgewicht genau zu bestimmen. Die zahlreichen Elementaranalysen dieser Stoffe haben bei deren ohne Zweifel sehr hohen Atomgewichten zu keinen einigermaassen sichern Resultaten geführt. Wir können daher auch diese Analysen nicht ausbeuten, um das Verhältniss dieser Stoffe zu den Materien zu entwickeln, welche beim Ablaufe der vitalen Processe aus ihnen hervorgehen. Es fehlt uns sonach eigentlich noch an den ersten Grundlagen zu einer Lehre vom thierischen Stoffwechsel; denn ohne genaue Kenntniss der innern Constitution dieser wichtigen Substrate des thierischen Organismus können wir entweder nur ein Gewebe von Hypothesen ausspinnen oder wir müssen uns darauf beschränken, die physiologischen Thatsachen einfach an einander zu reihen.

Theoretische Constitution noch gänzlich unbekannt.

Da die chemische Constitution dieser Stoffe noch nicht bekannt ist, ebenso wenig als ihre Aequivalente, so hat man den Gedanken nicht abweisen zu dürfen geglaubt: die Albuminate entbehrten derselben gänzlich (*Hoppe*[1]); allein das heisst die Wissenschaft auf einen Standpunkt zurückschrauben, den mühsam genug überwunden zu haben man sich glücklich schätzt. Will man die Albuminate nicht als Gemenge betrachten, als was sie nie betrachtet werden können, so müssen sie auch ein bestimmtes Atomgewicht haben. Kein Chemiker wird heutzutage noch jenen Wahn theilen.

Gerade weil sich nicht in kurzen Zügen der chemische Charakter dieser Stoffe auffassen lässt, müssen wir in der Zoochemie etwas näher auf die physikalischen und chemischen Verhältnisse eingehen, als bei andern chemisch genauer erforschten und aus der allgemeinen Chemie sattsam bekannten Substanzen.

Eigenschaften.

Im lufttrocknen Zustande sind sie sämmtlich fest, pulverisirbar, oder bilden leimartige, spröde, durchscheinende Lamellen; im feuchten Zustande sind sie bald durchscheinend gelblich, bald undurchsichtig weiss, bald fest und elastisch, bald weich, zäh und klebrig, bald gallertartig. Nur eine einzige Species dieser Stoffe ist bis jetzt krystallisirt erhalten worden. Alle Materien dieser Art sind ohne Geschmack und Geruch, in Wasser die meisten unlöslich; die wenigen in Wasser lös-

1) *Hoppe*, Anleitg. S. 130.

lichen verlieren theils durch Erhitzen, theils durch concentrirten Alkohol, theils auch durch Essigsäure ihre Löslichkeit in Wasser (werden coagulirt). Obgleich sie sehr hygroskopisch sind, bilden sie mit Wasser keine bestimmten Hydrate. In Alkohol, Aether und andern indifferenten Menstruis sind sie vollkommen unlöslich. Kein einziger dieser Stoffe ist unzersetzt flüchtig; beim Erhitzen zersetzen sie sich, geben Wasser ab, entwickeln neben Ammoniak eine grosse Anzahl verschiedener stickstoffhaltiger, theils neutraler, theils basischer, so wie auch stickstofffreier Producte.

Umwandlungen und Zersetzungen,

Durch Kochen mit Wasser werden sie sämmtlich metamorphosirt und man hat sie diesem Verhalten nach in *eiweissartige* und *leimgebende* eingetheilt.

durch Säuren,

Durch concentrirte Schwefelsäure und Salzsäure werden sie zerlegt und bilden, namentlich nach längerer Digestion, neben Ammoniaksalzen braune, humusartige Substanzen, welche hauptsächlich Leucin und Tyrosin und eine nicht näher untersuchte, krystallisirbare, flüchtige, übelriechende Substanz enthalten. Von concentrirter Salpetersäure werden sie besonders beim Erwärmen gelb gefärbt.

durch Oxydationsmittel,

Bemerkenswerth ist die Zersetzungsweise dieser Substanzen durch oxydirende Mittel, wie Chromsäure oder Braunstein und Schwefelsäure oder übermangansaures Kali; die stickstofffreien Producte, welche hier entstehen, gehören sämmtlich den flüchtigen Fettsäuren an, von der Ameisensäure bis zur Capronsäure oder deren Aldehyden; dazu liefern sie noch Benzoësäure und Bittermandelöl; neben Ammoniak bilden sich auch Nitrile jener Säuren, namentlich Blausäure und Valeronitril (d. h. Cyanwasserstoff und Cyanbutyl).

durch Alkalien.

Durch ätzende fixe Alkalien werden sie, sei es bei längerer Digestion ihrer Lösungen oder beim Zusammenschmelzen damit, unter Ammoniakentwicklung und Bildung von Ameisensäure und Kohlensäure in eine Menge stickstoffhaltiger, basischer und indifferenter Stoffe, wie Leucin, Glycin, Tyrosin, Methylamin, Butylamin, Anilin, Petinin u.s.w. verwandelt.

Fäulnissfähigkeit.

Besonders hervorzuheben ist die Fähigkeit dieser Substanzen, ohne sichtliche oder erkennbare Mitwirkung andrer Materien lediglich durch Einwirkung der gewöhnlichen atmosphaerischen Einflüsse sogenannten spontanen Zersetzungsprocessen mit einem Worte der Fäulniss zu unterliegen, während alle andern Stoffe, sobald sie nur chemisch rein sind, durch die Atmosphaere allein keine Zersetzung erleiden. Die Dauer des Widerstandes dieser Substanzen gegen atmosphaerische Einflüsse hängt übrigens sehr von deren Cohaesionszustande ab; daher Sehnensubstanz weniger leicht fault als Bindegewebe und geronnenes Albumin später als nicht geronnenes. Die Fäulnissproducte sind: kohlensaures Ammoniak, Schwefelammonium, buttersaures und baldriansaures Ammoniak, Leucin, Tyrosin u. dergl.

Noch ist eine Eigenschaft dieser Körper nicht zu übersehen, näm-

Nicht chemisch rein darstellbar.

lich die, dass sie stets in Begleitung von andern Stoffen namentlich Fett, Alkali- und Kalksalzen vorkommen, von denen sie meistens ohne Zersetzung nicht getrennt werden können. Leider lässt sich schwer bestimmen, in wie weit die begleitenden Substanzen chemisch mit diesen Körpern verbunden sind und in wie weit nicht. Daher ist man, zumal der Mehrzahl dieser Körper die Krystallisirbarkeit abgeht, noch nicht im Stande gewesen, sie selbst oder eine ihrer Verbindungen chemisch rein darzustellen. Scharf distinguirte chemische Verbindungen hat man mit diesen Substanzen auch nicht erzielen können, theils weil sie sich in sehr mannichfachen Verhältnissen mit andern Stoffen, z. B. Bleioxyd u. s. w. vereinigen, theils weil ihnen selbst in diese Verbindungen die oben erwähnten Anhängsel mit folgen, von denen sie selbst dann nicht vollständig befreit werden können.

Eintheilung dieser Stoffe.

Diese Körper lassen sich zunächst in zwei grössere Gruppen eintheilen, welche auch in vieler Beziehung den physiologischen Functionen der einzelnen Glieder derselben entsprechen; die erste Gruppe umfasst die eiweissartigen Stoffe oder sogenannten Proteïnkörper; alle chemischen Qualitäten dieser Stoffe, ihre Umwandlungsformen und Zersetzungsweisen deuten sichtlich darauf hin, dass ihnen ein eigenthümlicher Typus gemeinschaftlich sein müsse, allein welches dieser Typus, welches die chemische Grundidee für die Constitution dieser Stoffe sei, das haben die bisherigen zahlreichen Untersuchungen noch nicht zu ermitteln vermocht. Dass auch ihr physikalischer Charakter ein sehr ähnlicher ist, geht aus der Thatsache hervor, dass diese Substanzen, d. h. also die Proteïnkörper, in den zur Ernährung dienenden Flüssigkeiten des Thierkörpers aufgelöst sind, während die Glieder der zweiten Gruppe meist nur in den Geweben durch ihre physischen Eigenschaften dem Organismus dienstbar sind. Da die letztern aller Wahrscheinlichkeit nach aus den Proteïnkörpern hervorgehen, so nennen wir sie, weil ihnen ein gemeinschaftlicher chemischer Charakter abgeht, einfach nähere Abkömmlinge oder Derivate der Proteïnkörper. Wir sehen gerade wieder an diesen wichtigsten Materien des Thierkörpers den Satz bestätigt, dass die physiologische Function eines Stoffs stets von seiner chemischen Natur abhängig ist; denn während die Derivate der Proteïnkörper, welche meist künstlichen, chemischen und atmosphaerischen Einflüssen so sehr widerstehen, fast nur durch ihre physikalischen Eigenschaften nützlich sind, sehen wir in den Proteïnkörpern Stoffe, welche die eigentlichen Vermittler des thierischen Stoffwechsels sind und an denen gerade die wichtigsten Functionen des thierischen Organismus ihren Ablauf nehmen. Sie sind dazu durch ihre chemische Natur auch am meisten geeignet; ihr chemischer Schwerpunkt ist äusserst labil; sie erleiden bei ihrer jedenfalls sehr complexen Constitution Umwandlungen, die man chemisch zu verfolgen noch gar nicht im Stande gewesen ist und die man bis jetzt selbst noch nicht zu errathen vermag; wirken doch, was man bisher wenig oder gar nicht beobachtet

hat, Sauerstoff, Kohlensäure und andre ziemlich indifferent erscheinende Gase so auf dieselben ein, dass sie in vielen ihrer Eigenschaften wesentliche Veränderungen erleiden.

Proteïnkörper.

Theoretische Constitution.

Diese Stoffe kommen im thierischen Organismus unter so vielfachen Formen und mit so mannichfachen chemischen Qualitäten begabt vor, dass man bei der Unmöglichkeit, sie einzeln rein darzustellen, noch völlig darüber in Zweifel ist, ob man es hier mit isomeren und polymeren Modificationen oder mit verschiedenen Verbindungen derselben Grundsubstanz oder nur mit Körpern von gleichem Typus zu thun hat. Wir müssen uns daher bei dem Mangel wissenschaftlich chemischer Unterlagen an die vulgäre Auffassungsweise und Darstellung dieser Substanzen halten und führen daher die folgenden als einzelne Glieder dieser Gruppe auf:

Albumin
Fibrin
Syntonin
Caseïn
Globulin
Haematokrystallin.

Alle diese Stoffe enthalten nach den sorgfältigsten Analysen ihre Elemente fast in völlig gleicher Proportion; man findet nämlich in dem Albumin wie im farbstofffreien Haematokrystallin, im Caseïn wie im Syntonin u. s. w. Zahlen für die einzelnen Elemente, die nur sehr wenig um die folgenden Bestimmungen schwanken; Kohlenstoff = 53,6%; Wasserstoff = 7,1%, Stickstoff = 15,6%, Sauerstoff 22,1%; der Schwefelgehalt, beim Albumin 1,6% betragend, ist verschieden bei verschiededenen Albuminaten; unoxydirter Phosphor dürfte (entgegen der frühern Annahme) nicht in den Proteïnkörpern enthalten sein.

Eine der auffallendsten Eigenthümlichkeiten dieser Stoffe besteht schon darin, dass sie alle in *zwei* wesentlich von einander verschiedenen *Modificationen* auftreten können. In der einen Modification, die man gewöhnlich die lösliche nennt, kommen sie nur im thierischen Organismus vor, wenn sie auch dort ungelöst sind oder sich in Wasser nicht auflösen lassen. Sie erleiden aber, hauptsächlich durch Kochen, in ihrem Cohaesionszustande und ihrer Lösungsfähigkeit eine so wesentliche Veränderung, dass sie sich als sehr verschieden von den ursprünglichen Substanzen darstellen. Man hat diesen Uebergang aus der löslichern Modification in die unlöslichere mit dem Namen „*Coagulation, Gerinnung*“ belegt, ohne dass es bis jetzt möglich gewesen ist, die dabei vor sich gehende chemische Veränderung näher zu erforschen. Man könnte daran denken, dass die Coagulation nur auf einer ähnlichen Umlagerung der Molecüle beruhe, wie beim Unlöslichwerden des Zinnoxyds, der Titan-

Gerinnungsprocess.

säure u. s. w. in der Hitze: allein eine genauere Beobachtung zeigt, dass sich bei der Coagulation der Proteïnkörper etwas von ihnen abspaltet, wenn dieses auch nur, wie bei mehrern derselben, 2% der ursprünglichen Substanz beträgt. Es ist so gut wie erwiesen, dass beim Gerinnen des Albumins Alkali sich von der löslichen Modification ablöst, bei dem des Haematokrystallins, Syntonins und Globulins aber eine Säure nebst Salzen. Man würde daher die löslichen Stoffe als Verbindungen betrachten können, die beim Erhitzen einen nähern Bestandtheil verlieren, wodurch das Hauptaggregat unlöslich wird; letzteres verliert aber dabei zugleich die Fähigkeit, sich unmittelbar wieder mit der getrennten Substanz zu verbinden, in ähnlicher Weise, wie diess bei den gepaarten Stoffen, den Aethyl-Glycerin- und ähnlichen Verbindungen, der Fall zu sein pflegt.

Eigenschaften der löslichen Proteïnstoffe.

Die *löslichen Proteïnkörper* bilden im eingetrockneten Zustande schwachgelbliche, durchscheinende, zerreibliche Massen, ohne Geruch und Geschmack, meist löslich in Wasser, unlöslich in Alkohol und Aether; aus wässriger Lösung werden sie durch Alkohol praecipitirt und meistens dadurch in Wasser unlöslich; aus stark alkalischen Lösungen werden sie auch durch Aether coagulirt. Ihre wässrigen Lösungen drehen die Ebene polarisirten Lichts nach links. Durch Mineralsäuren und Gerbsäuren werden sie gefällt, nicht aber durch andre vegetabilische Säuren und Alkalien; Metallsalze wirken sehr verschieden auf sie ein, bald fällend, bald nicht fällend. Eine Eigenschaft der Proteïnstoffe, die noch wenig beachtet, ja zum Theil gänzlich ignorirt worden ist, bezieht sich auf ihr Verhalten gegen Gase; sie gehen nämlich mit denselben gewisse Verbindungen ein und werden durch sie zum Theil so modificirt, dass ein Proteïnstoff bald in den andern umgewandelt zu sein scheint, bald aber gewisse Eigenschaften annimmt, die ihn keiner der gewöhnlich als Albuminate distinguirten Substanzen an die Seite stellen lässt. Zuweilen kann der modificirte Stoff durch geeignete Mittel in seinen frühern Zustand zurückgeführt werden, meistens erleidet er aber solche Veränderungen, dass eine Wiederherstellung des Stoffs mit seinen frühern Eigenschaften nicht gelingt. Immer aber behält er noch seine Coagulirbarkeit und einige andre wesentliche Eigenschaften der Proteïnstoffe bei. Es ist leicht ersichtlich, dass dieses eigenthümliche Verhalten der eiweissartigen Stoffe gegen Gase für ihren physiologischen Werth beim thierischen Stoffwechsel nicht ohne Bedeutung ist.

So hat auch *Harley* erst vor Kurzem unter *Bunsen's* Leitung gefunden, dass alle Proteïnkörper Sauerstoff absorbiren und etwas Kohlensäure exhaliren, während ein Theil Sauerstoff gebunden zurückbleibt.

Besonders charakteristisch für die Proteïnkörper ist, dass sie weder durch Essigsäure (Buttersäure, Ameisensäure oder Milchsäure) noch durch neutrale Alkalisalze allein gefällt werden, wohl aber, wenn beide gemeinschaftlich ihren wässrigen Lösungen zugesetzt werden; der hierdurch entstandene Niederschlag hat andre Eigenschaften als die ur-

sprüngliche Substanz, ist aber in reinem Wasser löslich und daher nicht mit der coagulirten Form zu verwechseln. Die so erhaltenen löslichen Substanzen pflegen sich gegen Gase ganz anders, oft durchaus entgegengesetzt zu verhalten, wie vor ihrer Behandlung mit organischen Säuren und Alkalisalzen.

Eigenschaften der unlöslichen Proteïnstoffe.

Im unlöslichen oder coagulirten Zustande sind die Proteïnkörper frisch gefällt weiss, flockig oder klumpig oder zäh und leimartig, trocken dagegen weiss und pulverisirbar; in concentrirter Essigsäure sind sie mehr oder weniger leicht löslich, und werden aus dieser Lösung besonders durch Blutlaugensalz gefällt. Mit Mineralsäuren gehen sie Verbindungen ein, die meistens in säurehaltigem Wasser unlöslich sind, in reinem Wasser sich aber auflösen. Durch concentrirte Salpetersäure werden sie namentlich beim Erhitzen intensiv gelb gefärbt, durch concentrirte Salzsäure bei gelinder Wärme und hinlänglichem Luftzutritt allmälig blau. Von Iodlösung werden sie intensiv braungelb, von einer Lösung salpetrig- und salpetersauren Quecksilberoxyduls roth gefärbt (*Millon's* Reaction). Viele Pigmente z. B. das der Galle, der Cochenille u. a. m. schlagen sich auf den Proteïnkörpern bei ihrer Coagulation nieder. Werden ferner diese Stoffe mit durch 4 Th. Wasser verdünnter Schwefelsäure 8 bis 10 St. lang gekocht, so bildet sich nach *Stüdeler* neben Leucin immer nur sehr wenig Tyrosin. Mit Kali und Kupfervitriol behandelt, geben sie eigenthümliche, blauviolette Lösungen, die bei länger andauerndem Kochen etwas Kupferoxydul ausscheiden.

Da eine genauere empirische Formel für die Proteïnstoffe sich aus den Elementaranalysen nicht ableiten und auf die Atomgewichtsbestimmungen und ähnliche Mittel keine Ansicht über die theoretische Constitution dieser Stoffe begründen lässt: so hat man schon vor längerer Zeit versucht, die Zersetzungsproducte dieser Körper zu studiren, um aus diesen eine Hypothese über ihre Zusammensetzung ableiten zu können. Allein diese Hoffnung ist völlig an folgender Eigenthümlichkeit der Albuminate gescheitert. Während dieselben nämlich, wie oben erwähnt, schon durch die Einwirkung der atmosphaerischen Gase mannichfache Veränderungen obwohl nur bis zu einem gewissen Grade erleiden, widerstehen sie selbst sehr kräftig wirkenden chemischen Agentien, wie Säuren und Alkalien wenigstens insoweit, dass sie noch immer den allgemeinen Character der eiweissartigen und zwar coagulirten Materien beibehalten. Wirken diese Agentien aber energischer ein, oder setzt man sie stärkern Oxydationsmitteln aus, oder lässt sie durch Fäulniss oder Verwesung zu Grunde gehen, so zerfallen sie sogleich in eine Anzahl Zersetzungsproducte, wie Buttersäure, Baldriansäure, Benzoësäure, Cyanbutyl, aldehydartige Stoffe, Leucin, Glycin, Tyrosin u. s. w. Abgesehen davon, dass diese Materien trotz sorgfältigst ausgeführter Versuche sich nie in scharf begrenzten Mengen aus den Albuminaten erhalten lassen und somit eine ungefähre Berechnung der Zersetzungsformel nicht gestatten, so zeigt auch ihr ganzes chemisches Verhalten so wie

ihre Entstehung, dass diese Stoffe nicht als nächste Spaltungsproducte und demnach auch nicht als nähere Bestandtheile der Proteïnkörper betrachtet werden können. Deshalb hat auch weder die Theorie zusammengesetzter Radicale, noch die der Paarung, noch die der Typen Anhaltspunkte genug gefunden, um eine Deutung über die Zusammensetzung dieser Stoffe zu versuchen.

Jene durch Einwirkung von Gasen, von Sauerstoff, Kohlensäure, Wasserstoff, Kohlenoxyd oder Schwefelwasserstoff bedingten Umwandlungsproducte einzelner Proteïnkörper sind leider nicht der Art, dass ihre Elementar-Analyse hinreichend grosse Unterschiede in der elementaren Zusammensetzung ergäbe, um daraus auf die näheren Bestandtheile und die rationelle Constitution jener Stoffe einen Schluss zu ziehen. Die durch *Rochleder*[1]) erzielte Zersetzung des Albumins in einen leimähnlichen Stoff dürfte vielleicht ein Anfang zur Ermittlung der nächsten Spaltungsproducte sein und somit in weiterem Verfolg ähnlicher Versuche zur Aufstellung einer theoretischen Formel führen.

Albumin. Chemische Eigenschaften.

Das Albumin hat wenig charakteristische Kennzeichen; man erklärt dafür gewöhnlich denjenigen Proteïnkörper, dessen Lösung bei 63° bis 72° vollkommen gerinnt; man muss sich aber daran erinnern, dass die Gerinnbarkeit in jeder Hinsicht eine durchaus relative Eigenschaft ist; denn ebensowohl der Temperaturgrad als die Gerinnungsform des Albumins sind hauptsächlich von beigemengten oder mit dem Albumin verbundenen Stoffen abhängig; durch vorsichtigen Zusatz von Alkalisalzen oder von Spiritus kann man das möglichst rein dargestellte Albumin fast bei jedem Temperaturgrade unter + 63° gerinnen lassen. Ueberschüssiges Alkali wie überschüssige freie (an sich das Albumin nicht praecipitirende) Säure hindern die Ausscheidung des Albumins in der Hitze, allein durch nachfolgende Neutralisation der wenn auch erkalteten Flüssigkeit wird das Albumin in unlöslicher Form gefällt. Beim Verdampfen sehr saurer oder sehr alkalischer Albuminlösungen bildet sich auf deren Oberfläche eine dichte farblose Haut coagulirter Substanz. Aus schwach alkalischen Lösungen gerinnt das Albumin in gallertartiger Form, oder so, dass die Flüssigkeit milchig bleibt; letztre reagirt dann mehr alkalisch, als vor dem Erhitzen. Aus völlig neutralen oder schwach sauren Lösungen gerinnt das Albumin in Flocken und Klümpchen, während die Flüssigkeit vollkommen klar und gut filtrirbar wird. Beim Gerinnen verliert übrigens das Albumin einen Theil seines Schwefelgehalts.

Dokimasie.

Die Gegenwart von Albumin ist im Allgemeinen ziemlich leicht nachzuweisen, indem die Gerinnbarkeit desselben bei der oben bezeichneten Temperatur schon einen bestimmten Anhalt bietet. Indessen darf man sich bei dem Auftreten oder Nichtauftreten einer Ausscheidung in der Hitze nie beruhigen; denn einerseits giebt es andre Stoffe, welche ebenfalls in der Hitze sich abscheiden, andrerseits kann auch Eiweiss vorhanden sein, ohne dass

1) *Rochleder*, Journ. f. pr. Ch. Bd. 72, S. 392.

sich gerade ein Coagulum bildet. Das letztere ist, wie eben erwähnt, der Fall, wenn neben dem Eiweiss viel Alkali oder viel freie Säure vorhanden ist; ja selbst aus nicht sehr stark alkalischen Lösungen wird dasselbe nur unvollständig durch Kochen ausgeschieden. Die alkalische Eiweisslösung wird beim Kochen wenigstens opalisirend; ist die Menge des Alkalis nicht zu gross, so bildet sich auch ein gallertartiges, milchiges Coagulum; letztres scheidet sich oft in blasigen Klumpen theils auf der Oberfläche der Flüssigkeit ab, theils setzt es sich an die stärker erhitzten Theile des Gefässes an, erzeugt dort grössere Blasen und wird von den Gefässwänden aus selbst gelb und bräunlich, wie geröstet.

In schwach alkalischen Lösungen wird das Albumin durch Kochen zwar in den coagulirten Zustand übergeführt, allein es bleibt so fein suspendirt und gallertartig aufgequollen, dass einerseits die Flüssigkeit beim Filtriren trüb durch das Filter geht, andrerseits aber ihrer Zähigkeit halber das Filter bald verstopft. Alle diese Uebelstände lassen sich durch vorsichtige Neutralisation der Flüssigkeit mittelst verdünnter Essigsäure vermeiden. Das Albumin scheidet sich dann in dichten, leicht filtrirbaren, in verdünnten Säuren unlöslichen Flocken aus. Aus alkalischem und selbst schwach saurem Harn erhält man oft beim Erwärmen eine albuminähnliche Ausscheidung von phosphorsauren und kohlensauren Erden, entstanden durch Entweichen freier Kohlensäure, welche letztere aufgelöst erhielt; diese ist erklärlicher Weise leicht in Salzsäure und Essigsäure zu lösen und dadurch von coagulirtem Albumin zu unterscheiden.

Aus der alkalischen Lösung wird das Albumin, wie freilich die meisten löslichen Proteïnkörper, selbst durch sehr geringe Mengen von Salpetersäure, Gerbsäure, Quecksilberchlorid und basisch essigsaurem Bleioxyd gefällt. Bemerkenswerth ist, dass das Albumin aus sauren Lösungen, d. h. solchen in Essigsäure, Milchsäure und ähnlichen organischen Säuren, durch Erhitzen zwar nicht gefällt wird, wohl aber nach Zusatz von Lösungen neutraler Alkalisalze, z. B. des Chlornatriums, schwefelsauren Natrons u. dergl.; je mehr von diesen Salzen zugesetzt wird, bei desto niederer Temeratur gerinnt das Albumin; ja setzt man viel solcher concentrirter Salzlösung zu, so wird es schon in der Kälte ausgeschieden. Man benutzt dieses Verhalten oft, um Albumin möglichst vollständig aus thierischen Flüssigkeiten zu entfernen. Zur Erkennung geringer Mengen Albumins kann man oft auch die S. 172 f. erwähnten allgemeinen Reactionen der Proteïnkörper mit verwerthen.

Physiologisches Verhalten.

Das Albumin bildet einen constanten Bestandtheil aller derjenigen thierischen Säfte, welche dem Organismus oder einzelnen Theilen desselben das Material zur Ernährung oder zum Wiederersatz zuführen; es findet sich daher hauptsächlich im Chylus, im Blute und der Lymphe, im Ei, den Graaf'schen Follikeln u. s. w.; ausserdem tritt es aber überall auf, wo normale oder abnorme Transsudationen aus den Blutgefässen stattgefunden haben; daher in der Flüssigkeit der serösen Säcke, in den parenchymatösen Flüssigkeiten aller lebensthätigen Organe.

Vorkommen.

Im Serum des Blutes macht es den Hauptbestandtheil aus; im flüssigen Serum sind 7,8 bis 9,8% enthalten; von den festen Bestandtheilen desselben beträgt es aber gegen 85%.

Die Secrete und Excrete des thierischen Körpers enthalten nur un-

ter abnormen Verhältnissen Albumin, namentlich bei Entzündungszuständen der secernirenden Flächen.

Ursprung.

Dass das Albumin der thierischen Säfte aus den stickstoffhaltigen Nahrungsmitteln, d. h. aus deren Proteïnsubstanzen abstammt, ist nicht zu bezweifeln, da wenigstens die sorgfältigsten quantitativen Untersuchungen nachgewiesen haben, dass die mit den gewöhnlichen Nahrungsmitteln der Thiere aufgenommenen Mengen von Proteïnkörpern für den Bedarf des Organismus völlig ausreichend sind. Auf welche Weise aber diese Proteïnkörper, wie Caseïn, Legumin, Syntonin u. s. w., nachdem sie im Magen in sog. Peptone umgewandelt und in die Säftemasse resorbirt worden sind, in normales Blutalbumin verwandelt werden, ist noch gänzlich unbekannt.

Physiologischer Werth.

Die physiologische Bedeutung des Albumins als Bildungs- und Ernährungsmaterial für alle stickstoffhaltigen Gewebe des thierischen Organismus geht schon aus seinem Vorkommen zur Genüge hervor. Ebenso lehrt die Untersuchung der Gewebssubstanzen, dass dasselbe nur geringer Modificationen bedarf, um in die contractile Materie organischer oder animalischer Muskeln oder in den Inhalt der Nervenröhren umgewandelt zu werden. Wir wissen indessen nicht, auf welche Weise aus Albumin sich Zellen und Gewebe herausbilden. Wir glauben zwar in den sog. Derivaten der Proteïnkörper einige solcher Uebergangsstufen vom Albumin zur Gewebsmaterie kennen gelernt zu haben, allein noch sind wir weit davon entfernt, um den chemischen Hergang selbst nach chemischen Gleichungen Schritt für Schritt zu verfolgen. Denn auch jene Modificationen des Albumins, die man im thierischen Organismus gefunden hat, z. B. die coagulirbare Materie des pankreatischen Saftes, das Paralbumin und Metalbumin mancher hydropischer Flüssigkeiten, die Umwandlungsformen der Proteïnkörper bei der Verdauung im Magen sind chemisch noch so wenig untersucht, dass sie in keiner Hinsicht einen Anhalt zu einer wissenschaftlichen Auffassung vorliegender Frage geben könnten.

Da das Albumin im thierischen Organismus und zwar speciell im Blute seine Umwandlungen gewiss zum Theil der Einwirkung freien Sauerstoffs verdankt, so kann hier *v. Gorup's* Erfahrung [1]) nicht unerwähnt bleiben, dass in ozonisirter Luft Albuminlösungen zunächst getrübt werden und eine Färbung erlangen, die in auffallendem Lichte röthlich, in durchfallendem grünlich gelb erscheint. Zugleich bilden sich fibrinähnliche Coagula, die bei längerer Einwirkung von Ozon wieder verschwinden. Wenn Ozon nicht mehr einwirkt, so hinterbleibt in der Flüssigkeit eine Materie, welche in der Hitze nicht mehr gerinnt, weder durch mineralische noch organische Säuren, noch durch die meisten Metallsalze ausser basisch essigsaurem Bleioxyd, noch auch durch Blutlaugensalz gefällt, wohl aber durch Alkohol in Flocken präcipitirt wird, also den durch den Verdauungsprocess aus Albumin entstehenden Peptonen höchst ähnlich ist.

---

1) *Von Gorup-Besanez,* Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 110, S. 86—107.

Fibrin.

Chemische Eigenschaften.

Das Fibrin, der Blutfaserstoff, charakterisirt sich vor allen übrigen Proteïnkörpern hauptsächlich durch seine Eigenschaften, sich, sobald die Flüssigkeit, in der es gelöst vorkommt, dem Organismus entzogen ist, in fester Gestalt und zwar in Form höchst feiner Fäden oder faltiger Plättchen abzuscheiden (Ueber diesen Gerinnungsprocess wird man unter »Blut« das Weitere so wie auch die Formen des ausgeschiedenen Fibrins in Fig. 48 dargestellt finden).

Die Eigenschsften des gelösten Fibrins sind so gut wie unbekannt; man weiss nur, dass es aus seiner natürlichen Lösung nicht durch Essigsäure, wohl aber durch Aether und durch Kalilauge gefällt wird. Das spontan geronnene Fibrin zeigt aber wieder einige vom gekochten Fibrin verschiedene Eigenschaften; das erstre ist ein an der Luft sehr wandelbarer Körper; denn es zieht, so wie es an die Luft kommt, Sauerstoff an und giebt dafür Kohlensäure aus; bald aber geht die Zersetzung noch weiter, so dass Buttersäure, Baldriansäure, Leucin und andre Fäulnissproducte sich bilden; selbst von ganz frisch geronnenem Fibrin wird Wasserstoffhyperoxyd alsbald zersetzt; es zeichnet sich ferner dadurch aus, dass es in Wasser, welches 0,1% Salzsäure enthält, zwar gallertartig aufquillt, sich aber nicht darin auflöst, so wie diess andre Proteïnkörper thun. Endlich hat es noch die sehr bemerkenswerthe Eigenschaft, sich bei längerer (3 bis 6stündiger) Digestion mit einer verdünnten Salpeterlösung (1 Th. Salz in 17 Th. Wasser) zu einer in der Hitze gerinnbaren Flüssigkeit aufzulösen. Man hat aus dieser Thatsache so wie aus einem genauern Studium des Gerinnungsprocesses (s. unter »Blut« »Gerinnung«) schliessen zu dürfen geglaubt, das Fibrin sei völlig identisch mit dem Albumin; allein mit gleichem Rechte müsste man dann auch die nächstfolgenden Proteïnstoffe für identisch mit dem Albumin erklären; diese Materien sind vielleicht identisch, allein so lange nicht exactere Beweise für die Gleichartigkeit dieser Stoffe beigebracht und die Abhängigkeit ihrer Differenzen von gewissen Beimengungen nachgewiesen ist, so lange dürfen sie weder von der Chemie noch auch von der Physiologie zusammengeworfen werden. Rücksichtlich jener nur langsam sich bildenden Lösung frischen Fibrins in Salpeterwasser ist überdiess zu bemerken, dass sie zwar, gewöhnlichem Albumin ähnlich, in der Hitze gerinnt, aber auch durch Essigsäure aus jener Lösung präcipitirt wird. Albumin, mit einer gleich verdünnten Salpeterlösung vermischt, wird dagegen nicht durch Essigsäure gefällt.

Am gekochten Fibrin sind keine Eigenschaften wahrzunehmen, die es wesentlich von andern gekochten Proteïnkörpern unterschieden.

Dokimasie.

Durch die angedeuteten Eigenthümlichkeiten ist das Fibrin im Allgemeinen leicht zu erkennen; indessen können hierzu die spontane Gerinnbarkeit, der höhere Grad von Löslichkeit desselben in Essigsäure, als er bei allen andern durch Hitze coagulirten Eiweisskörpern beobachtet zu werden pflegt, sowie die Löslichkeit in Salpeterwasser keineswegs immer dienen, denn theils an der Luft ausserhalb des Organismus, theils in Exsudaten ver-

ändert es sich so schnell, dass diese Eigenschaften entweder gar nicht oder wenigstens nicht so deutlich hervortreten; in solchen Fällen bietet oft die mikroskopische Untersuchung noch die einzige Gewähr für die Gegenwart dieses Stoffs.

Physiologisches Verhalten.

Das Fibrin findet sich in natürlicher Lösung im Chylus (durchschnittlich zu 0,1%) im Blute (zu 3%) und in der Lymphe (zu 0,05%).

Vorkommen.

Die Menge des Fibrins ist im Blute verschiedener Gefässe nicht dieselbe; so enthält das Arterienblut durchschnittlich mehr Fibrin, als das der Venen; in dem Blute der Milzvene ist sehr wenig Fibrin enthalten, das Blut der Lebervenen enthält gar keines. Das Blut Neugeborner enthält weniger Fibrin, als das Erwachsener; in den letzten Monaten der Schwangerschaft nimmt der Fibringehalt des Bluts erheblich zu. In allen entzündlichen Krankheiten findet sich das Fibrin im Blute bedeutend vermehrt.

Nur bei wahrhaft entzündlicher Ausschwitzung findet man Fibrin in der Flüssigkeit seröser Säcke, oder auf Schleimhäuten, oder im Parenchym der Organe und zwar weit seltner gelöst als spontan geronnen.

Entstehung.

Rücksichtlich der Bildung des Fibrins im Blute glaubte man früher, dass sie in einer bestimmten Beziehung zur Function der Blutkörperchen stehe. Obgleich nun eine solche Beziehung nicht durchaus geläugnet werden kann, so sprechen doch viele Thatsachen dafür, dass das Fibrin zunächst aus der Intercellularflüssigkeit des Blutes hervorgehe; allein auch hier stehen sich zwei Ansichten gegenüber; während nämlich nach der einen Ansicht das Fibrin sich durch Oxydation aus dem Albumin des Blutes herausbildet, entsteht es nach der andern nur dadurch, dass es als ein alkaliärmeres Albumin sich nur von dem alkalireicheren abspaltet unter Bedingungen, die unter »Gerinnung des Bluts« näher bezeichnet sind. Da das Fibrin bei der Elementaranalyse sich stets etwas sauerstoffreicher zeigt, als das Albumin, so möchte es scheinen, als ob die letztere Hypothese dadurch ohne Weiteres widerlegt sei; allein es ist zu erwägen, dass alles bisher analysirte Fibrin nicht der reine Proteïnkörper war, sondern ein Gemeng desselben mit den Hüllenmembranen der farbigen Blutkörperchen und besonders mit den Hauptbestandtheilen der farblosen Körperchen des Bluts oder der Lymphe. Nun ist aber das die Zellenwände und Kerne constituirende Material reicher an Sauerstoff als die Proteïnkörper, und es könnte daher wohl das geringe Plus des im Fibrin gefundenen Sauerstoffs von jenem Gehalte an sauerstoffreichern Substanzen abgeleitet werden. Indessen zeigen doch auch einige mit aus der Lösung in Salpeterwasser dargestelltem Fibrin ausgeführte Analysen, dass selbst dieses von allen membranösen Stoffen freie Fibrin etwas weniges mehr Sauerstoff enthält als Albumin. Da jedoch das Fibrin erwiesener Maassen an der Luft sehr schnell Sauerstoff aufnimmt und Kohlensäure ausgiebt, so könnte wohl gerade das längerer Digestion mit Salpeterwasser ausgesetzt gewesene Fibrin diesem Pro-

cesse erst das Minus an Kohlenstoff und das Plus an Sauerstoff verdanken. Jene namentlich aus den Gerinnungsbedingungen des Fibrins abgeleitete Hypothese, wornach das Fibrin eben nur alkaliarmes oder alkalifreies Albumin wäre, dürfte daher durch die Elementaranalysen nicht widerlegt werden können. Trotz allem dem neigt sich die höhere Wahrscheinlichkeit doch zu der Annahme, dass das Fibrin wirklich ein sauerstoffreicheres Product ist; denn sehen wir schon ausserhalb des Organismus das Albumin des Serums nicht unempfindlich gegen die Einwirkung das Sauerstoffs, finden wir ferner in dem Fibrin selbst die wandelbarste Proteïnsubstanz, so würden wenigstens besondere Verhältnisse im Blute des lebenden Körpers obwalten müssen, welche verhinderten, dass bei der Temperatur des Blutes und bei seinem Gehalte an verdichtetem Sauerstoff eine Oxydation dieses so oxydabeln Stoffs erfolgen sollte.

Physiologischer Werth.

Die physiologische Bedeutung des Fibrins als Uebergangsstufe zu den höher oxydirten Gewebsmaterien ist seinem ganzen Vorkommen, so wie seiner präsumtiven Bildung nach leicht zu begreifen. Ob indessen alle thierischen Zellen oder Fasern vorher die Uebergangsstufe des Fibrins überschreiten müssen, ist eine zur Zeit unbeantwortbare Frage; den vorliegenden histiologischen Thatsachen nach scheint diess übrigens nicht der Fall zu sein.

Syntonin.

Das Syntonin oder *Muskelfibrin* hat grosse Aehnlichkeit mit dem spontan geronnenen Blutfibrin; doch unterscheidet es sich von diesem dadurch, dass es sich in einem mit 0,1% Salzsäure angesäuerten Wasser auflöst und aus dieser Lösung durch Neutralisation als Gallerte gefällt wird; diese Gallerte giebt mit Kalkwasser oder sehr verdünnten Alkalien eine in der Hitze gerinnbare Lösung; in einer Lösung kohlensauren Kalis quillt jene Gallert zwar auf, wird aber durchaus nicht aufgelöst; ebenso unlöslich ist sie in Salpeterwasser.

Dokimasie.

Das Syntonin qualitativ nachzuweisen könnte man wohl nur bei Untersuchung von Pseudomorphosen, von degenerirten Muskeln u. dergl. in den Fall kommen. Man würde alsdann die zu untersuchende Masse nach hinreichender Verkleinerung mit Wasser so lange auszusüssen und abzupressen haben, als die ablaufende Flüssigkeit noch Albumin oder etwa freie Säure enthält. Erst dann lässt man das mit $^1/_{1000}$ Salzsäure angesäuerte Wasser auf die damit angerührte Masse wirken, filtrirt und neutralisirt die Flüssigkeit mit grösster Vorsicht. In den ersten Augenblicken bemerkt man gar keine Veränderung, durch Eintauchen eines Glasstabes in die neutralisirte Flüssigkeit kann man sich aber bald überzeugen, dass sie sich in eine pellucide, homogene, zitternde Gallert verwandelt hat; allmälig sinkt nun eine weisse Gallert zu Boden, die sich endlich in weisse halbdurchscheinende Flocken verwandelt. Auf dem Filter gehen diese in eine etwas elastische, schneeweisse Masse über, die sich in ganzen Platten oder Häuten abziehen lässt; diese haben unter dem Mikroskop ein fasrig gestricktes Ansehn, nicht unähnlich dem Blutfibrin.

Ausser den oben angeführten schon hinreichend charakteristischen Kenn-

zeichen des Syntonins kann man noch folgende benutzen; aus der alkalischen Syntoninlösung geben Chlorcalcium und schwefelsaure Talkerde bei gewöhnlicher Temperatur keinen Niederschlag, wohl aber beim Kochen; ferner wird das Syntonin aus der Lösung in Alkalien und in Kalkwasser durch mässig concentrirte Lösungen neutraler Alkalisalze gefällt.

Vorkommen und Verwendung.

Das Syntonin ist der wesentliche Bestandtheil der Fibrillensubstanz der quergestreiften Muskeln ebensowohl als der glatten Muskeln oder Faserzellen. *W. Kühne*[1]) hat nach *Brücke's* Vorgange durch einen ingeniösen Versuch dargethan, dass das Syntonin in den Primitivbündeln der Muskeln in flüssiger oder wenn man will gelöster Form enthalten ist und erst nach dem Tode darin erstarrt, gleich dem Fibrin im Blute, welches die Gefässe verlassen hat. Zugleich spaltet sich bei dieser späteren Gerinnung des Syntonins eine freie Säure ab, welche, wie weiter unten gezeigt werden wird, die saure Reaction abgestorbener Muskeln bedingt.

In wiefern diese dem Albumin und Fibrin so nahe stehende Substanz zu den Zwecken der lebendigen Contractilität der Gewebe vorzugsweise vor andern Proteïnkörpern befähigt ist, lässt sich mannichfacher Versuche ungeachtet noch nicht bestimmen.

Ebensowenig lässt sich eine bestimmte Hypothese über die Bildung dieser Substanz aus einem oder dem andern Proteïnkörper aufstellen. Dass endlich das Syntonin, nachdem es seine Zwecke in der Muskelfaser erfüllt, ins Blut zurückgeführt, hier als Blutfibrin auftrete, wie *C. Schmidt*[2]) wahrscheinlich zu machen gesucht hat, muss wohl, bis weitere Beweise gefunden worden sind, zur Zeit noch dahingestellt bleiben.

Caseïn.

Das Caseïn unterscheidet sich von andern Proteïnkörpern besonders durch seine Gerinnungsweise; es gerinnt nämlich nicht durch Kochen, sondern durch Essigsäure und durch die Schleimhaut des Labmagens der Wiederkäuer oder den Magensaft der Fleischfresser. Talkerdesalze und Kalksalze schlagen das Caseïn nur beim Erwärmen nieder.

Dokimasie.

Diess sind die Eigenschaften, die man gewöhnlich als besonders charakteristisch für das Caseïn anführt. Hierzu kommen indessen noch einige andre, welche man ebenso constant am Caseïn wahrnimmt; letztre werden jedoch unter gewissen Bedingungen auch an andern Proteïnkörpern beobachtet.

Das Caseïn löst sich in kochendem Alkohol in geringen Mengen auf.

Beim Erhitzen seiner wässrigen Lösung bildet sich zwar kein Coagulum, wohl aber scheidet sich bei starkem Abdampfen auf der Oberfläche der Flüssigkeit eine farblose Haut ab.

Wird ferner seine Lösung in eine Glasröhre eingeschlossen und auf 125 bis 130° erhitzt, so gerinnt es zu einer dichten Masse.

Es ist nun aber leicht nachweisbar, dass mit etwas Alkali versetztes

---

1) *W. Kühne*, Medic. Centralz. Jahrg. 17, S. 554.

2) *C. Schmidt*, Chraracteristik der Cholera. Leipzig und Mitau 1850. S. 15.

Serum- oder Eiereiweiss alle diese Eigenschaften theilt, ja nicht bloss diese letzteren, sondern selbst das Verhalten gegen Essigsäure und gegen Lab. Wird nämlich dem Alkalialbuminat etwas Milchzucker und eine Spur öliges Fett zugesetzt, so tritt durch Lab eine der Milchgerinnung ganz ähnliche Coagulation nach 2 bis 4stündiger Digestion bei 30 bis 40° C. ein. Umgekehrt kann unter Zusatz gewisser Stoffe reines Caseïn in eine bei 60 bis 70° coagulirbare, albuminähnliche Materie umgewandelt werden. Es ist also kein einziger wesentlicher Unterschied zwischen diesen beiden Stoffen zu ermitteln. Ein aufmerksamer Beobachter wird zwar immer fast in allen einzelnen der angeführten Reactionen graduelle oder relative Unterschiede erkennen, die ihn verhindern, die Identität beider Stoffe als erwiesen zu betrachten: allein im Auge ist dabei stets zu behalten, dass eben diese Stoffe, Albumin sowohl als Caseïn, fortwährenden Umwandlungen unterliegen, Umwandlungen, die durch Zutritt der Luft, Gegenwart geringer Mengen von Alkalien oder schwachen Säuren u. s. w. wesentlich begünstigt werden. Es ist daher heute noch die Identität beider Stoffe ebensowenig als widerlegt, denn als erwiesen anzusehen. Vom praktischen Gesichtspunkte aus müssen sie aber noch als verschieden auseinander gehalten werden.

Nicht unerwähnt kann hier die interessante Entdeckung *von Gorup's* bleiben, wornach Caseïnlösungen nach einer gewissen Dauer der Einwirkung von Ozon auf dieselben in eiweissähnliche in der Hitze gerinnbare und durch Essigsäure nicht mehr fällbare Flüssigkeiten umgewandelt werden. Bei fortgesetzter Einwirkung von ozonisirter Luft auf die Lösung entsteht endlich ein Umwandlungsproduct, welches dem des Albumins ganz ähnlich ist (vergl. oben S. 176).

Vorkommen. Das Caseïn findet sich in der Milch aller Säugethiere (zwischen 3 bis 17%).

Im Blute hat man eine Substanz in geringen Mengen gefunden, welche dem Caseïn sehr ähnlich ist, und die man daher *Serumcaseïn* genannt hat. Im Blute Schwangerer so wie in dem der Placenta soll dieselbe in grösserer Menge vorkommen.

Ausserdem findet sich Caseïn im Interstitialsafte organischer Muskel, der Thymusdrüse, des Zellgewebes, des elastischen Gewebes und in der Flüssigkeit der Allantoïs.

Endlich findet sich das Caseïn auch im Eidotter; hier ist es mit Albumin gemengt, und dieses Gemeng wurde früher für eine besondre Proteïnsubstanz, *Vitellin* genannt, gehalten.

Physiologischer Werth. Die Bedeutung des Caseïns als Nährstoff springt nach seinem Vorkommen in der Milch aller Säugethiere von selbst in die Augen. Sollten nur die in der Milch das Caseïn begleitenden Stoffe seine charakteristischen Eigenschaften bedingen, so wäre die Frage unnütz, warum die Natur dem Neugeborenen Caseïn und nicht Albumin als Nahrungsstoff darbiete. Sind aber beide Stoffe, obwohl einander nahe verwandt, doch wesentlich verschieden, so kann eben nur der erfolgte Nachweis wirklicher Verschiedenheit beider Stoffe zur Beantwortung der Fragen führen, ob das Caseïn nur in der Milchdrüse gebildet werde, und wes-

halb dem Neugebornen die Zufuhr von Caseïn zweckmässiger ist, als die von Albumin.

Globulin.

Das Globulin ist dem Albumin sehr ähnlich; es gerinnt aber erst bei + 73° zu einer milchigen Flüssigkeit und bei 93° zu einer globulären Masse; wird seine mit Essigsäure angesäuerte Lösung mit Ammoniak neutralisirt, oder umgekehrt die ammoniakalische mit Essigsäure wieder neutral gemacht, so wird es gefällt; charakteristisch ist endlich, dass es aus seiner wässrigen Lösung durch Kohlensäuregas gefällt wird, der entstandene Niederschlag löst sich aber in reinem Wasser bei Zuleiten von atmosphaerischer Luft oder Sauerstoff wieder auf.

Dokimasie.

Ausser diesen Hauptkennzeichen des Globulins dürfen insbesondre folgende zwei Thatsachen nicht unbeachtet bleiben: Während die Globulinlösung neutral ist, findet man in der von durch Erhitzen coagulirtem Globulin abfiltrirten Flüssigkeit saure Reaction. Versetzt man ferner Globulinlösung mit einem Tropfen verdünnter Essigsäure, so wird sie opalisirend und scheidet schon bei 50° ein milchiges Coagulum aus; fügt man mehr Essigsäure zu, so bleibt die Flüssigkeit opalisirend, gerinnt aber vollständig erst bei 98°. Die Fällung des Globulins aus seinen Lösungen durch Kohlensäure erscheint zwar sehr charakteristisch, ist es aber keineswegs; denn nicht nur das Caseïn der Milch wird oft auch durch Kohlensäure präcipitirt, sondern auch Stoffe, die aus Serumeiweiss oder Haematokrystallin zu deren Reindarstellung erhalten worden sind. Globulinlösung, der etwas Milchzucker zugesetzt worden ist, gerinnt durch Lab wie Caseïn und Alkalialbuminat. Dieser Stoff tritt diesen und mehrern andern Eigenschaften nach in ebenso nahe Beziehungen zum Caseïn wie zum Albumin und Haematokrystallin; man hat daher schon vor langer Zeit das Globulin als ein Gemeng von Albumin mit Caseïn ansehen wollen: allein es gilt hier dasselbe, was von den Beziehungen des Albumins zum Caseïn soeben bemerkt worden ist.

Vorkommen und physiologischer Werth.

Das Globulin ist mit Bestimmtheit nur in der Krystalllinse des Auges gefunden worden und zwar zu 36%.

Dass diese concentrirte Globulinlösung in der Krystalllinse die Dienste eines lichtbrechenden Liquidums verrichtet, ist an sich ebenso klar, wie die Anordnung, dass die innern Schichten der Linse eine concentrirtere, die äusseren eine verdünntere Lösung enthalten, offenbar dem Zwecke der Achromatisirung dient.

Haematokrystallin. Physische und chemische Eigenschaften.

Das Haematokrystallin umfasst eine Gruppe von Stoffen, welche, wahrscheinlich demselben Typus oder derselben homologen Reihe angehörend, eine auffallende Aehnlichkeit rücksichtlich der meisten ihrer physischen und chemischen Eigenschaften zeigen, sich aber zum Theil durch die verschiedene Form, in der sie krystallisirt erhalten werden können, theils durch den verschiedenen Löslichkeitsgrad in Wasser von einander unterscheiden. Dass diese Stoffe den eiweissartigen, den Proteïnkörpern, angehören, lehren alle Reactionen, die wir oben als den Proteïnstoffen eigenthümlich angeführt haben; ja sie sind die bisher am reinsten dargestellten albuminösen Stoffe; so können sie z. B. vollkommen frei von Aschenbestandtheilen gewonnen werden. Die Krystal-

lisirbarkeit zeichnet sie nur insofern aus, als sie bisher leichter, als andere eiweissartige Stoffe in regelmässigen Formen erlangt werden konnten; denn auch Globulin und Caseïn können unter gewissen Bedingungen krystallisirt erhalten werden. Dass die eiweissartige Substanz der Dotterplättchen und zwar das Ichthidin *Frémy's* wahrhafte Krystalle bildet, hat erst jüngst *Radlkofer*[1]) auf das evidenteste erwiesen. Alle Haematokrystalline gerinnen in der Hitze, das tetraëdrische bei 63°, das prismatische zwischen 64 und 65° C. Während des Gerinnens spaltet sich von dem Haematokrystallin eine freie Säure ab, wie beim Coaguliren des Globulins und der spontanen Gerinnung des Syntonins. Ihrer chemischen Reinheit halber unterscheiden sich diese Stoffe von andern Proteïnkörpern dadurch, dass sie weder durch salpetersaures Silberoxyd, noch durch Quecksilberchlorid, noch durch Zinnchlorür oder basisch essigsaures Bleioxyd gefällt werden, sondern nur durch salpetersaures Quecksilberoxydul und saures chromsaures Kali. Ihre Lösungen verhindern die Fällung von Chlor und Chlormetallen durch salpetersaures Silberoxyd u. s. w. Das Blutpigment, Haematin, haftet, wie an allen eiweissartigen Stoffen, an den Haematokrystallinen sehr hartnäckig, so dass selbst bei 6 bis 7maligem Umkrystallisiren das Pigment zwar Farbveränderungen erleidet, dabei aber immer noch wie früher an der Substanz haftet. Indessen gelingt es bei einiger Vorsicht leicht, das Pigment vollständig zu entfernen, und das davon befreite Haematokrystallin wieder in den frühern Krysallformen zu erhalten. Gegen Gase sind diese Stoffe ausserordentlich empfindlich; wird ihre Lösung mit Sauerstoff gesättigt und in kohlensäurefreier Luft bewahrt, so krystallisiren sie nicht; ihre Lösung enthält kleine feste Molecüle suspendirt und opalisirt; nur nach Einwirkung von Kohlensäure sind sie krystallisirbar; Schwefelwasserstoff vernichtet ihre Krystallisirbarkeit für immer, wogegen das Kohlenoxydgas sich insofern eigenthümlich verhält, dass es die erste Bildung solcher Krystalle aus Blut zu verhindern im Stande ist, dagegen den bereits gereinigten, obwohl noch pigmenthaltigen Haematokrystallinen seine Krystallisationsfähigkeit nicht entzieht.

Zahlreiche Elementaranalysen, ausgeführt mit den verschiedenen, durch 4 bis 5maliges Umkrystallisiren gereinigten und dann coagulirten Haematokrystallinen, haben eine den Proteïnkörpern entsprechende Zusammensetzung ergeben (Kohlenstoff 53,4 bis 54,1%, Wasserstoff 7,0 bis 7,3%, Stickstoff 15,5 bis 16,2%, Schwefel 1,2%).

Diese Substanzen sind bisher nur aus dem Inhalte der Blutkörperchen darstellbar gewesen und zwar durch Einwirkung von Wasser, Sauerstoff, Kohlensäure und gleichzeitiger Einwirkung strahlenden oder diffusen Sonnenlichts; diese Agentien wirken aber der Art, dass oft schon 5 Minuten nach der Tödtung eines Thieres in dessen Blute die

1) *Radlkofer*, Zeitschr. f. wiss. Zoologie Bd. 9, S. 529–535.

fraglichen Krystalle erkennbar zu machen sind. Sie sind daher nicht als praeformirt in den Blutkörperchen anzunehmen, bilden sich aber, ohne tief eingreifende Umwandlungen zu erleiden. Bis jetzt kennt man ausser den Vögeln kein Wirbelthier, aus dessen Blute nicht ein Haematokrystallin dargestellt worden wäre. Das Blut der meisten Säugethiere, Fische und Amphibien liefert prismatische und rhombische Formen; auffallend ist, dass, während das Blut der meisten Nagethiere ebenfalls ähnliche Formen bildet, dass des Meerschweinchens und der Hausmaus gewöhnlich Tetraëder, das des Eichhörnchens sechsseitige Tafeln und das des Hamsters Rhomboëder bildet. In dem Blute der Meerschweinchen, Hunde und Pferde ist zwischen 9,2 und 12,4% Haematokrystallin gefunden worden.

Physiologischer Werth.

Da auch die entfärbten Haematokrystalline gegen die Einwirkung von Gasen sehr empfindlich sind (indem z. B. das des Eichhörnchens aus seiner mit Sauerstoff impraegnirten Lösung durch Kohlensäure krystallinisch gefällt, im Ueberschuss derselben wieder aufgelöst und aus der kohlensauren Lösung durch Sauerstoff wieder krystallinisch gefällt wird), so wird man geneigt zu glauben, dass der in den Blutkörperchen vermittelte Gaswechsel nicht von dem Pigment allein, sondern vielleicht hauptsächlich mit von diesen Stoffen bedingt werde. Indessen kann erst dann, wenn die Chemie uns überhaupt über die Constitution der Proteïnkörper und ihr gegenseitiges Verhältniss aufgeklärt hat, über die physiologischen Beziehungen jener Körper zu einander und die etwaigen Uebergänge in einander, sowie über den physiologischen Werth jeder einzelnen ein Urtheil gefällt werden.

Darstellung.

Während Chemiker im Stande gewesen sind, die Versuche über die Darstellung und Reactionen dieser eigenthümlichen Körpergruppe zu wiederholen und ihre Ergebnisse zu bestätigen, haben Chemikanten oder sog. physiologische Chemiker sich vergeblich abgemüht, diese Stoffe in krystallinischer Gestalt herzustellen, geschweige denn sich von deren chemischer Natur zu überzeugen. Freilich gehören einige Dexterität, etwas Beobachtungsgabe und wirkliche chemische Kenntnisse dazu, um reinliche Versuche über solche ziemlich wandelbare Stoffe anzustellen, was freilich nicht jedem gegeben ist, der die physiologische Chemie nebenbei zu seinem Steckenpferde macht oder darüber Abhandlungen und Bücher schreibt. Weil man die Versuche trotz genauer Vorschriften zu Ausführung derselben[1]) nicht zu wiederholen verstand, schlug man Verfahrungsweisen ein, die eben nur die völlige Unkenntniss der Chemie verriethen. Man coagulirte durch Hitze oder Säuren das Blut und erhielt aus der abgeseihten Flüssigkeit beim Verdunsten Krystalle: diese hielt man für Haematokrystallin, und glaubte nun, eine grosse Entdeckung gemacht zu haben, als man sich nach vielen Mühen überzeugte, dass diess eben nur Mineralsalze waren; ja man hat das Haematokrystallin für schwefelsaures Ammoniak gehalten, ein hinreichender Beweiss, dass man ebensowenig chemisch zu arbeiten als chemisch zu denken

1) *Lehmann*, Ber. d. Ges. d. Wiss. zu Leipzig 1845, 47, 50.

gelernt hatte. Chemische Denker dagegen, scheu selbst Versuche anzustellen, meinen, »der complexe Bau und die Eigenschaften der Eiweissstoffe sprächen gegen die Annahme der Krystallisationsfähigkeit.« Wer freilich in der chemischen Theorie so weit zurückgeblieben ist, um noch glauben zu können, dass ein chemischer Körper des »chemischen Aequivalents gänzlich entbehren könne«, der wird allerdings nicht begreifen, dass jeder chemische Stoff unter den geeigneten Bedingungen auch krystallisirbar sein muss, der wird allerdings vorziehen, sich bei einer solch obsoleten naturphilosophischen Anschauung bequemer Ruhe hinzugeben, anstatt diesen Stoffen auf ihren oft genug geheimnissvollen Fährten mit Umsicht und Energie zu folgen. Wer den neuern Forschungen über die zahlreichen, ebenfalls höchst ähnlichen, oft nur optisch von einander unterscheidbaren Zuckerarten gefolgt ist, den kann es gewiss nicht Wunder nehmen, dass die stickstoffhaltigen Proteïnkörper ähnliche Analogien und Verschiedenheiten darbieten, der Forschung aber noch grössere Schwierigkeiten entgegenstellen. Wer aber den Proteïnkörpern ihr chemisches Aequivalent abspricht, der legt ebendadurch ein Stück Lebenskraft in sie hinein und enthebt sie somit aller chemischen Forschung. Dass übrigens die Herstellung dieser krystallinischen Proteïnkörper kein chemisches Kunststück ist, dürfte daraus hervorgehen, dass jeder, der kaum 2 Semester in einem reinlichen chemischen Laboratorium gearbeitet hat, diese Stoffe aus frisch dem Körper entzogenen Blute in 10 bis 15 Minuten herzustellen vermag.

Darstellung.



Fig. 45.

Formen des tetraëdrischen und prismatischen Haematokrystallins.

In der obern Hälfte beigehender Figur sind die Krystalle dargestellt, wie sie aus Meerschweinchenblut erhalten werden; mag man dieselben im Grossen auf oben berührte Weise darstellen, oder sie gewissermaassen spontan unter dem Deckplättchen entstehen lassen, so erhält man gewöhnlich nur Tetraëder, seltener trifft man auf die hier dargestellten, abgeleiteten Formen. Letztre gewinnt man am häufigsten, wenn man den mit Wasser unvollständig ausgewaschenen Faserstoff solchen Bluts einige Zeit an der Luft liegen lässt.

Der untere Theil derselben Figur zeigt die prismatischen Formen des Haematokrystallins aus Pferdeblut.

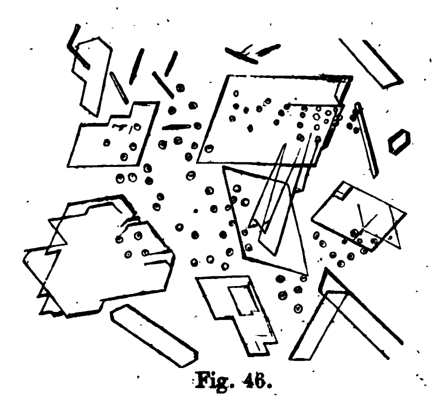


Fig. 46.

Haematokrystallin aus Pferdeblut.

Aus dem Pferdeblute gewinnt man bei der Darstellung des Haematokrystallins im Grossen gewöhnlich die in Fig. 46 verzeichneten, äusserst dünnen rhombischen Plättchen deren stumpfer Winkel durchschnittlich zu 119^0 gefunden wurde. Durch Umkrystallisiren können daraus leicht die in Fig. 45 dargestellten dicken Prismen gewonnen werden.

Haematokrystallin aus dem Blute von Eichhörnchen.



Fig. 47.

Fig. 47 zeigt die verschiedenen Formen des Haematokrystallins aus Meerschweinchenblut. Am gewöhnlichsten treten die regelmässigen, sechsseitigen Tafeln, theils einzeln, theils in Gruppen auf; indessen trifft man oft auch auf die namentlich im obern Theile der Figur angedeuteten unregelmässigen Formen; diese flachen Tafeln lagern gewissermaassen in Schichten über einander und bilden von der Seite betrachtet jene gestreiften, oft sternförmig gruppirten Massen, wie sie namentlich auf der rechten Seite der Figur im obern Theile zugleich mit den dazwischen liegenden, vom Haematokrystallin evacuirten und farblos gewordenen Blutkörperchen angedeutet sind.

Diese Haematokrystalline bieten sämmtlich theils in rein krystallographischer Beziehung, theils in optischer Hinsicht einige sehr eigenthümliche Erscheinungen dar, worüber an einem andern Orte.

Nähere Abkömmlinge der Proteïnkörper.

Bedeutung der Proteïnderivate.

Mit diesem Namen bezeichnen wir eine Anzahl Stoffe, welche entweder durch ihre chemischen Reactionen und ihre empirische Zusammensetzung den Proteïnkörpern sehr nahe stehen oder aus physiologischen Gründen als Producte der Umwandlung von solchen betrachtet werden müssen. Wären diese Stoffe genauer untersucht, was freilich nur denkbar, nachdem die Ursubstanzen, die Proteïnkörper ihrer chemischen Constitution nach vollständig erforscht wären: so würden wir einen der wichtigsten, wo nicht überhaupt den wichtigsten Zielpunkt chemisch-physiologischer Forschung erreicht haben. Denn es bedarf wohl kaum des Hinweises darauf, dass, nachdem man über den Anfang und das Ende des thierischen Stoffwechsels wenigstens zu gewissen Begriffen und Urtheilen gelangt ist, gerade die Zwischenstufen des Stoffwandels und darunter hauptsächlich die ersten Erschütterungen der Proteïnatomcomplexe unser Studium fesseln müssen. Hoffen wir, dass es gelingt, auf Grund der nun krystallisirbar und rein darstellbaren Proteïnstoffe eine chemisch präcisirte Formel, eine allgemeine Anschauung ihrer Zusammensetzung aufzustellen, die Aufschluss über ihre näheren und entfernteren Umwandlungsproducte giebt, und wir werden dann leicht auch einen Maassstab finden für die Beurtheilung dieser nähern Abkömmlinge, welche vorläufig selbst in qualitativer Beziehung

ihrer leicht in einander überfliessenden Formen und Eigenschaften halber kaum das physiologische Interesse zu fesseln vermögen.

Wir stossen zunächst auf zwei Stoffe, von *Scherer* in pathologischen Transsudaten entdeckt, welche noch in vielen Beziehungen den Charakter eigentlicher Proteïnkörper an sich tragen, nämlich Paralbumin und Metalbumin.

Paralbumin.

Paralbumin wird beim Kochen seiner Lösung nur schwach getrübt, auf Zusatz von Essigsäure dagegen stärker; durch Alkohol aus wässriger Lösung fällt es in körnigen Flocken nieder, die sich erst nach zweistündiger Digestion bei + 35° in Wasser wieder auflösen.

Metalbumin.

Metalbumin wird, wie der vorhergehende Körper, durch Kochen nur schwach getrübt, durch Alkohol gefällt, welche Fällung aber in Wasser sich allmälig wieder auflöst; durch Essigsäure wird es nicht gefällt, auch nicht auf Zusatz von Kaliumeisencyanür, wodurch das Paralbumin, den Albuminaten überhaupt entsprechend, noch gefällt wird.

Pankreatin.

Pankreatin ist der wesentliche, albuminähnliche Bestandtheil des Secrets der Bauchspeicheldrüse; dasselbe gerinnt bei 72° in weissen Flocken, wird durch Alkohol gefällt, aber sehr leicht wieder in Wasser gelöst; verhält sich im Uebrigen dem Eiweiss sehr ähnlich, zeichnet sich aber dadurch vor allen andern Stoffen aus, dass es gekochtes Stärkmehl sehr bald in Zucker umwandelt, neutrale Fette aber in Glycerin und Fettsäuren zerlegt.

Speciellere Angaben über die Reactionen und Erkennungsmittel dieses Stoffs wird man unter »pankreatischer Saft« finden.

Fermentsubstanz der Leber.

Eine ähnliche Fermentsubstanz findet sich im Leberparenchym, welche ebenfalls durch Alkohol fällbar und in Wasser wieder löslich ist, und das Glykogen der Leber wie Stärkmehl in Zucker umsetzt, diese Eigenschaft aber gleich dem Pankreatin durch Kochen, wobei es gerinnt, verliert.

Peptone und Parapeptone sind Stoffe, welche sich bei der Umwandlung der Proteïnkörper durch natürlichen oder künstlichen Magensaft bilden.

Peptone.

Die Peptone bilden eine Gruppe unter einander höchst ähnlicher Stoffe; sie sind weiss, amorph, getrocknet leicht pulverisirbar, leicht löslich in Wasser, unlöslich in Alkohol, die wässrige Lösung, welche Lakmus röthet, in der Hitze nicht coagulirbar, ebensowenig durch Säuren, wohl aber fällbar durch Quecksilberchlorid, mit Ammoniak versetztes essigsaures Bleioxyd und Gerbsäure; alle andern Metallsalze, auch Alaun, erzeugen keine Niederschläge; basisches Bleiacetat bewirkt nur eine geringe im Ueberschuss des Fällungsmittels leicht verschwindende Trübung. Durch Blutlaugensalz entsteht in der mit Essigsäure angesäuerten Lösung nur eine geringe Trübung. *Millon's* Reagens ist ohne Einwirkung; auch Chromsäure bewirkt keine sichtliche Veränderung. Mit alkalischen Erden bilden die Peptone ebenso lösliche Verbindungen, wie mit den

Alkalien. Die einzelnen Peptone sind keineswegs völlig identisch mit einander; sie zeigen geringe Unterschiede in ihrem Verhalten zu einzelnen Säuren und Salzen, sind schwefelhaltig und enthalten den Schwefel in derselben Proportion wie ihre Muttersubstanzen.

Parapeptone. Die Parapeptone, von *G. Meissner*[1]) entdeckt, entstehen immer neben den Peptonen bei Einwirkung von Magensaft auf Albuminate, und werden von jenen dadurch getrennt, dass sie aus dem salzsauren Verdauungsgemisch durch einen geringen Zusatz von Alkali (jedoch so, dass die Flüssigkeit noch saure Reaction behält) präcipitirt werden. Diese Parapeptone, auch unter sich nicht völlig identisch, haben folgende Eigenschaften mit einander gemein: sie sind an sich in Wasser unlöslich, gehen aber mit Säuren, Alkalien und alkalischen Erden leicht lösliche Verbindungen ein; aus diesen Lösungen werden sie nicht durch Alkohol, wohl aber durch aetherhaltigen Alkohol in weissen Flocken gefällt. Die sauren Lösungen, welche immer opalisirend sind, werden durch Zusatz von etwas mehr Säure stark getrübt, im Ueberschuss der Säure aber wieder gelöst; eben dieselben werden durch Chlornatrium und Chlorkalium als saure Verbindungen gefällt. Mit *Millon's* Reagens geben sie dieselbe Reaction wie die Albuminate, während, wie eben erwähnt, die Peptone eine solche nicht geben; dagegen erzeugen Parapeptone sowohl als Peptone mit Kupfervitriol und Kali rein blaue Lösungen, während die unveränderten Proteïnkörper damit bekanntlich blau-violette Lösungen erzeugen. Die Parapeptone werden ferner aus essigsaurer Lösung durch Blutlaugensalz vollständig gefällt; ausserdem werden die Parapeptone präcipitirt durch schwefelsaures Kupferoxyd, Quecksilberchlorid, salpetersaures Quecksilberoxydul, basisch essigsaures Bleioxyd und Gerbsäure.

Diesen Reactionen nach scheinen die Parapeptone den Proteïnkörpern näher zu stehen, als die Peptone, und man könnte daher leicht zu dem Glauben verleitet werden, die Peptone bildeten sich aus den Parapeptonen und letztre seien nur unvollkommne Producte der Magenverdauung; allein *Meissner* hat auf das bestimmteste nachgewiesen, dass die Parapeptone einfache Spaltungsproducte sind. Magensaft vermag die Parapeptone nicht in Peptone umzuwandeln; die Proteïnkörper zerfallen bei der Magenverdauung fast genau in 2 Th. Pepton und 1 Th. Parapepton; dagegen fand *Meissner*, dass pankreatischer Saft die Fähigkeit besitze, Parapeptone in Peptone umzuwandeln.

Pyin. Pyin, von *Güterbock* im Eiter und einigen pathologischen Exsudaten entdeckt, zeichnet sich besonders dadurch aus, dass es aus wässriger Lösung durch Essigsäure gefällt wird, in überschüssiger Essigsäure aber völlig unlöslich ist, während Salzsäure und Salpetersäure nur geringe, leicht auf Zusatz von mehr Säure wieder verschwindende Trübungen verursachen. Aus der salzsauren Lösung bewirkt Kaliumeisen-

1) *G. Meissner*, Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. Bd. 7, S. 1—26.

cyanür keine Fällung. Mit Alaun giebt es dagegen einen im Ueberschuss des Fällungsmittels unlöslichen Niederschlag; auch durch neutrales essigsaures Bleioxyd sowie durch Quecksilberchlorid wird es gefällt. Durch Erhitzen findet keine Coagulation statt.

Mulder hält das Pyin für identisch mit dem von ihm durch längeres Kochen gewisser Albuminate mit Wasser dargestellten Körper, den er Proteïntritoxyd nannte: nach ihm soll er im Blute und allen Exsudatflüssigkeiten vorkommen; indessen findet sich in diesen weit häufiger und in bei weitem grösserer Menge eine mehr den Peptonen ähnliche, durch Essigsäure nicht fällbare Substanz.

Mucin.

Das Mucin bildet die Hauptgrundlage des Schleimsaftes; es entsteht auch beim Anrühren von Speicheldrüsen (*Städeler*), von *Wharton*'scher Sulze oder foetalem Bindegewebe mit Wasser (*Virchow*, *Scherer*, *Schlossberger*). Dieser Körper ist sehr ähnlich dem Pyin, insofern er durch Kochen nicht coagulirt, durch Essigsäure so wie durch Alaunlösung permanent gefällt (das durch Essigsäure entstandene Coagulum erscheint unter dem Mikroskop in fibrinähnlichen Fäden), durch Mineralsäuren zwar präcipitirt aber leicht wieder gelöst und aus dieser Lösung durch Kaliumeisencyanür nicht gefällt wird, unterscheidet sich vom Pyin aber besonders dadurch, dass er durch Quecksilberchlorid und neutrales essigsaures Bleioxyd nicht gefällt wird, wohl aber durch basisch essigsaures Bleioxyd. Dem Keratin steht es seiner Constitution nach insofern nahe, als es gleich diesem bei länger andauerndem Kochen mit Schwefelsäure (1 Th. auf 4 Th. Wasser) Leucin und über 4% Tyrosin, also mehr als die gewöhnlichen Proteïnkörper liefert (*Städeler*).

Keratin.

Keratin hat man den Stoff genannt, welcher die Tela cornea der Histiologen bildet, also im Epithelium, in den Haaren, Nägeln, Hufen, Klauen und im Horn vorkommt; dieser Körper ist der chemischen Untersuchung eigentlich noch nicht zugänglich gewesen, da er von keinem Menstruum unverändert aufgelöst wird. In Wasser quillt er wenig auf, etwas mehr in Essigsäure, noch mehr in Kali- oder Natronlauge, besonders wenn dieser, nachdem sie stundenlang eingewirkt, Wasser zugesetzt wird; unter letztrer Bedingung löst sich das Keratin unter gleichzeitiger Bildung von viel Schwefelleber auf. Nach *Städeler* liefert Horngewebe, mit durch 4 Th. Wasser verdünnter Schwefelsäure 8 bis 10 St. gekocht, neben Leucin constant 4% Tyrosin.

Fibroïn.

Das Fibroïn ist eine bis jetzt nur in der Seide und in den Herbstfäden gefundene Substanz, welche in mehrfacher Beziehung dem Keratin und Mucin nahe steht. Es wird von Essigsäure, verdünnter Salzsäure und Natronlauge (5%) nicht oder sehr wenig angegriffen und wird daher aus der Seide und ähnlichen Stoffen durch Behandlung mit diesen Substanzen rein erhalten.

Dieser Stoff löst sich so wie die Seide selbst in dem *Schweitzer*'schen Reagens (d. i. eine Lösung von Kupferoxyd in Ammoniak) als in dem

Schlossberger'schen[1] d. i. eine Lösung von Nickeloxyd in Ammoniak, ziemlich leicht auf, in dem letztern zu einer braungelben Flüssigkeit, in dem erstern zu einer blauen: aus letztrer ist es nicht fällbar durch Säuren oder Salze. Bei der Zersetzung mittelst Schwefelsäure (1 Th. auf 4 Th. Wasser, 10st. Kochen) liefert es neben viel Leucin gegen 5% Tyrosin, mehr als jede andre albuminöse Substanz (*Städeler*).

Die folgenden weitern Abkömmlinge der Proteïnstoffe bilden die Hauptgrundlage mehrerer Gewebe des thierischen Organismus. Diese Stoffe haben ausser ihrer Unlöslichkeit in allen indifferenten Menstruis nur das mit einander gemein, dass ihnen die wesentlichsten Eigenschaften ihrer Mutterstoffe, d. h. der Proteïnkörper, abgehen.

Substanz des elastischen Gewebes.

Die Substanz des elastischen Gewebes ist in allen bekannten Menstruis unlöslich, nur nach 30stündigem Kochen bei 160° (im Papin'schen Digestor) wird sie in eine bräunliche, beim Erkalten nicht gelatinirende Substanz verwandelt; von concentrirten Säuren wird sie zersetzt; concentrirte Schwefelsäure erzeugt aus ihr nur Leucin, aber weder Glycin noch Tyrosin; durch concentrirte Kalilauge wird sie nur nach tagelangem Kochen zersetzt.

Diese Substanz kommt in jedem Bindegewebe unter der Form der sog. Kernfasern in einzelnen Fäden vor, zu grössern Mengen angehäuft aber in den eigentlichen elastischen Bändern, z. B. im Nackenbande der Säugethiere, in den gelben Bändern der Wirbelsäule, den untern Stimmritzenbändern, der gefensterten Arterienhaut u. s. w. Die Hüllenmembranen der Zellen bestehen oft aus einer dem elastischen Gewebe sich nicht unähnlich verhaltenden Substanz.

Ueber die chemischen Umwandlungen, welche die Erzeugung dieser Substanz begleiten, wissen wir nichts.

Das Vorkommen dieser Substanz in den genannten Geweben bezeichnet hinlänglich ihren physikalischen Zweck.

Ichthin.

Ichthin ist die Substanz der Dotterplättchen der Knorpelfische genannt worden; dieselbe ist nach *Valenciennes* und *Frémy*[2] in Wasser, Alkohol und Aether unlöslich; verdünnte Essigsäure und Phosphorsäure, so wie concentrirte Mineralsäuren lösen sie auf, Salzsäure, ohne sie blau zu färben; sie enthält etwas weniger Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff als Proteïnkörper, 1,6% Phosphor, keinen Schwefel.

Ichthidin.

Ichthidin bildet die Dotterplättchen unreifer Eier von Knochenfischen, ist in Wasser löslich, lässt sich umkrystallisiren (*Radlkofer*[3]) in verschiedenen rhombischen Gestalten; seine wässrige Lösung gerinnt durch Alkohol und Aether, das Gerinnsel so wie die ursprünglichen Dotterplättchen werden durch Jodlösung gelb, durch das *Millon*'sche Reagens intensiv ziegelroth gefärbt.

---

1) *Schlossberger*, Journ. f. pr. Ch. Bd. 73, S. 369.

2) *Valenciennes* und *Frémy*, Journ. de chim. et de pharm. 3. sér. T. 24 p. 5—16, 321—336, 415—423.

3) *Radlkofer*, Zeitschr. f. wiss. Zoologie Bd. 9, S. 529—535.

Die aus den leimgebenden Geweben hervorgehenden Stoffe, Glutin und Chondrin, sind sehr vielfach untersucht worden, doch ist man noch nicht zu einer festen Ansicht über deren Constitution bei der grossen Analogie ihrer Eigenschaften gelangt.

Glutin.
Chemisches Verhalten.

Das Glutin, auch Knochenleim, Colla genannt, charakterisirt sich bekanntlich durch seine Löslichkeit in heissem Wasser, aus welchem es beim Erkalten sich als Gallert ausscheidet; indessen setzt sich das gelatinirende Glutin durch längeres Kochen leicht in eine nicht gelatinirende Modification um, welche aber die übrigen Eigenschaften beibehält. Aus seiner wässrigen Lösung wird es gefällt durch Chlor, Quecksilberchlorid, Platinchlorid, Gerbsäure und Alkohol; dagegen nicht durch Essigsäure, Essigsäure und Kaliumeisencyanür, Alkalien, basisch-essigsaures Bleioxyd u. dergl.; der trocknen Destillation unterworfen liefert es neben kohlensaurem Ammoniak viel Butylamin und Picolin; mit Chromsäure giebt es dieselben Zersetzungsproducte, wie die Proteïnkörper, nur mit dem Unterschiede, dass es weit mehr Baldriansäure liefert, als jene. Mit Alkalien behandelt ebenso wie mit durch 4 Th. Wasser verdünnter Schwefelsäure erzeugt es viel Leucin und Glycin.

Glutin wird beim Kochen nur aus folgenden Geweben erhalten: aus den Knorpeln der Knochen (nach der Ossification), aus den Sehnen, der Lederhaut, dem Bindegewebe, aus Hirschhorn, Hausenblase, Fischschuppen, den permanenten Knorpeln, wenn diese verknöchert sind, und aus den fasrigen Zwischengelenkknorpeln.

Physiologisches Verhalten.

Praeformirt ist das Glutin nur im Safte der Milz und im Blute bei jener Krankheit gefunden worden, welche man Leuchaemie genannt hat.

Da Knorpel und Bindegewebssubstanz, den Elementaranalysen zufolge, dieselbe Zusammensetzung haben, wie das daraus hervorgegangene Glutin, so scheint jene Umwandlung nur auf einer Umlagerung der Atome zu beruhen.

Nach welcher chemischen Gleichung und unter welchen Bedingungen die glutingebende Substanz aus den Proteïnkörpern des Organismus hervorgehe, ist unbekannt.

Dass der Nutzen der glutingebenden Substanz hauptsächlich ein physikalischer ist, wird in der Histiochemie näher erörtert werden.

Chondrin.
Chemisches Verhalten.

Das Chondrin, der Knorpelleim, welches ebenfalls in einer gelatinirenden und nicht gelatinirenden Modification existirt, unterscheidet sich vom Glutin hauptsächlich dadurch, dass es, ausser durch Chlor, Quecksilberchlorid, Platinchlorid, Gerbsäure und Alkohol, auch durch Salzsäure, Essigsäure, Bleizucker, Alaun und schwefelsaures Eisenoxyd gefällt wird. Sehr charakteristisch für das Chondrin ist, dass der Niederschlag, welcher durch Essigsäure erzeugt wird und in derselben unlöslich ist, selbst durch geringe Mengen neutraler Alkalisalze wieder gelöst wird und daher gar nicht erscheint, wenn solche vorher schon in der Chondrinlösung enthalten waren. Mit concentrirter Schwefelsäure be-

handelt liefert es nur Leucin, aber kein Glycin, mit Kalihydrat aber beides.

Chondrin bildet sich beim Kochen aus allen permanenten Knorpeln, ausser den fasrigen Zwischengelenkknorpeln oder ossificirten Knorpeln. Seiner künstlichen Bildung durch Einwirkung von Salzsäure auf Hühnereiweiss in einer Atmosphäre von Kohlensäure (*Rochleder*) ist schon oben Erwähnung gethan worden.

Physiologisches Verhalten.

Da das Chondrin etwas Schwefel enthält, so glaubt man, dass es den Proteïnkörpern noch etwas näher stehe, als das Glutin; da nun überdiess der Knochenknorpel, so lange er noch nicht ossificirt ist, Chondrin beim Kochen liefert, sich dieses also erst bei der Ossification in Glutin umwandelt, so hat man einigen Grund zu der Annahme, dass das Chondrin ein Zwischenglied zwischen Proteïnsubstanz und Glutin sei.

Der Nutzen des Chondrins im Thierkörper fällt mit dem der glutingebenden Gewebe zusammen.

Spongin.

Spongin, die Hauptgrundlage des Badeschwammes, wurde früher mit dem Fibroïn identisch gehalten, schliesst sich aber seinen Zersetzungsproducten nach mehr den leimgebenden Geweben an.

Es giebt zwar beim Kochen keinen Leim, allein bei mehrstündiger Behandlung mit Schwefelsäure (1 Th. auf 4 Th. Wasser) liefert es gleich den leimgebenden Geweben Leucin und Glycin, aber kein Tyrosin (*Städeler*). Es ist in verdünnter, kalter Natronlauge nur wenig, leicht jedoch beim Kochen löslich. In concentrirten Säuren löst es sich erst durch Kochen auf. In Kupferoxydammoniak ist es unlöslich (*Schlossberger*).

Chitin.

Chitin, von *Odier* entdeckt, bildet das Skelet aller Insecten, Spinnen und Krebse; man findet es ebensowohl in der äussern Haut dieser Thiere als in den Flügeldecken, Tracheen und Haaren. Dass dieser Stoff aus einem cellulosenähnlichen, zuckergebenden Stoffe und einer stickstoffhaltigen Materie besteht, ist ausser Zweifel. Welcher Art aber der stickstoffhaltige Körper ist, hat sich noch nicht entscheiden lassen.

Das Chitin ist in Wasser, Alkohol, Aether, verdünnten Alkalien und Säuren unlöslich, schmilzt bei der trocknen Destillation nicht und giebt saure Destillationsproducte. In Kupferoxyd-Ammoniak vermochten weder *Schlossberger* noch *Städeler* das Chitin aufzulösen. *Peligot* dagegen, der die Hautdecken (ohne Darminhalt, der Cellulose hätte enthalten können) mit Kali, übermangansaurem Kali, schwefligsaurem Natron und zuletzt mit Salzsäure gereinigt hatte, sah das so bereitete Chitin sich in Kupferoxyd-Ammoniak auflösen und glaubt daraus wahrhafte Cellulose (vergl. oben S. 154) gefällt zu haben. Bei der Behandlung des Chitins mit Schwefelsäure erhielt *Städeler* gleich *Berthelot* sehr viel Zucker, aber weder Leucin noch Tyrosin, noch Glycin; also konnte mit der glykogenetischen Materie des Chitins nicht füglich ein Proteïnkörper verbunden sein. Der Elementaranalyse nach hält *Städeler* diesen stickstoffhaltigen Körper für isomer dem Lactamid.

Wir haben die letzterwähnten Stoffe mehr aus physiologischen denn aus chemischen Gründen nähere Abkömmlinge der Proteïnkörper genannt; wir haben sie gewissermaassen anhangsweise diesen Stoffen folgen

lassen, da eben ihre chemischen Qualitäten viel zu wenig erforscht sind und ihre Bedeutung eben nur nach gnügender Bekanntschaft mit den albuminösen Stoffen deutlicher hevortritt. Alle andern stickstoffhaltigen Körper, die wir als constante oder zufällige Vorkommnisse im thierischen Organismus kennen lernten, sind ebenso gut Abkömmlinge der Proteïnstoffe, wie die eben bezeichneten; ja es ist sogar nicht ganz unwahrscheinlich, dass selbst ein Theil der Fette, und sehr wahrscheinlich, dass ein Theil der Kohlenhydrate des Thierkörpers seinen Ursprung in den Proteïnkörpern hat. Wären wir sattsam aufgeklärt über alle Zwischenstufen der Umwandlungsproducte der Proteïnstoffe bis hinab zum Harnstoff, zum Wasser und zur Kohlensäure, so würde die hier beliebte Systematik der Zoochemie (als ersten Theils der physiologischen Chemie) ebenso unpraktisch sein, als sie irrationell ist. Vielleicht ist die Zeit aber nicht mehr allzu fern, wo wir, von den Proteïnkörpern als chemisch genau fassbaren und gefassten Stoffen ausgehend, alle andern stickstoffhaltigen Materien und selbst viele stickstofffreie nicht bloss als Abkömmlinge der Proteïnkörper näher bezeichnen, sondern auch alle ihre Beziehungen, in die sie während ihrer mannichfachen Metamorphosen zu den Urstoffen, so wie zu einander treten, durch einfache chemische Formeln ans Licht ziehen und so den ganzen thierischen Chemismus in kurzen Zügen näher bezeichnen können. Dann erst wird man in der Zoochemie die wahre Basis der physiologischen Chemie gefunden haben, und viele werden dann erst einsehen, dass die Zoochemie etwas ganz andres ist, als ein Excerpt aus der allgemeinen Chemie.

Systematik der physiologischen Zoochemie.

Mineralsubstanzen des thierischen Körpers.

Unsre Kenntniss der anorganischen Stoffe und Verbindungen, welche im Thierkörper vorkommen, ist bei weitem noch nicht so vollkommen, als man nach dem Stande der mineral-analytischen Chemie wohl erwarten sollte. Diess liegt theils daran, dass man diese Stoffe meist nur aus der Asche bestimmte, beim Einäschern aber theils vollkommne Umsetzung der Bestandtheile oder Verflüchtigung einzelner Stoffe stattfand, so dass aus der Constitution der Asche nicht auf die praeformirten Substanzen zu schliessen ist, theils aber auch darin, dass die zur Untersuchung dieser Aschen angewendeten analytischen Methoden keineswegs sehr genaue Resultate zu geben im Stande waren. Man hat überdiess das Verhältniss der einzelnen Mineralstoffe zu den organischen Substraten des Thierkörpers, namentlich zu den Proteïnkörpern und ihren Abkömmlingen noch viel zu wenig erforscht, als dass die physiologische Chemie bereits erhebliche Aufschlüsse über deren Function bei der thierischen Stoffmetamorphose zu geben vermöchte; doch lassen sich die im Thierkörper vorkommenden Mineralstoffe für jetzt etwa in folgender Weise übersehen.

Werth der Aschenanalysen.

Eintheilung der Mineralstoffe des Thierkörpers.

Ein Theil derselben dient dem Organismus hauptsächlich zu physischen Zwecken; er ist in den soliden Geweben abgelagert, die ihre Festigkeit, ihre Widerstandsfähigkeit wenigstens zum Theil ihrem Gehalte an diesen Materien verdanken.

Ein andrer Theil der Mineralstoffe greift thätig mit in den Stoffwechsel ein; er wirkt also mehr chemisch und bedingt manche zum Leben nothwendige Functionen.

Ein dritter Theil umfasst diejenigen Mineralstoffe, welche entweder nur zufällig in den Organismus gelangt sind, oder, aus den Metamorphosen im lebenden Körper hervorgegangen, nur als Ausscheidungsproducte auftreten.

Mechanisch nützende Mineralstoffe.

Zu den mechanisch nützenden Mineralstoffen des Thierkörpers zählen wir:

Mechanisch nützende Mineralstoffe.

Phosphorsauren Kalk
Kohlensauren Kalk
Phosphorsaure Magnesia
Fluorcalcium
Kieselsäure.

Phosphorsaurer Kalk.

Der phosphorsaure Kalk steht unter diesen Substanzen oben an, da er vorzugsweise die Festigkeit des Knochengerüstes bedingt. Knochenknorpel, wie die sog. permanenten Knorpel, verknöchern nur, d. h. werden nur fest und rigider, indem sie neben ihren histologischen Veränderungen dieses Kalksalz in sich aufnehmen. In allen Krankheiten der Knochen, mögen diese sonst noch so verschiedenartiger Natur sein, wird ihnen mehr phosphorsaurer Kalk, als organische Materie entzogen und sie werden dadurch brüchiger oder biegsamer.

Es giebt aber überhaupt kein thierisches Gewebe, welches nicht mehr oder weniger phosphorsauren Kalk enthielte. Bis jetzt hat sich noch nicht näher ermitteln lassen, in wieweit der Gehalt an diesem Salze auf die physischen Eigenschaften dieser Gewebe von Einfluss ist.

Fast in allen thierischen Flüssigkeiten finden wir phosphorsauren Kalk aufgelöst; hier ist er aber meistens an die in denselben gelösten Proteïnkörper gebunden; denn es giebt keine Proteïnsubstanz, die nicht beim Einäschern etwas phosphorsauren Kalk lieferte. Er ist in diesen zweifelsohne chemisch gebunden und bedingt möglicher Weise einzelne Metamorphosen, denen jene Substanzen beim Stoffwechsel unterliegen. Die Proteïnkörper sind die Träger, durch welche das Kalkphosphat in den Zellen und Geweben abgelagert wird. Ueberdiess sprechen mehrere Thatsachen dafür, dass das Kalkphosphat zur Zellenbildung unerlässlich nothwendig ist; dass dasselbe bei letzterm Processe wenigstens eine Rolle spiele, lässt sich z. B. auch daraus schliessen, dass selbst bei niedern Thieren, wo kohlensaurer Kalk die überwiegende Mineralsubstanz ist, sich an den Stellen, wo neue Zellen gebildet werden, phosphorsaurer Kalk anhäuft.

In thierischen Concrementen findet man gewöhnlich viel phosphorsauren Kalk.

Die Menge des phosphorsauren Kalks im Harn ist abhängig von der Menge des mit den Nahrungsmitteln (der animalischen Nahrung oder dem Legumin, Eiweiss oder Pflanzenleim vegetabilischer Nahrung) aufgenommenen phosphorsauren Kalks und dem Bedarf des Organismus an diesem Salze. Wegen des grössern Bedarfs fehlt z. B. im Harne während der letzten Monate der Schwangerschaft trotz guter Nahrung

oft das Kalkphosphat; im Harne pflanzenfressender Thiere findet sich nur wenig, da das zugeführte Kalksalz gerade zum Bedarf ausreicht.

Dass dem thierischen Organismus das Kalkphosphat nicht nur als solches bereits gebildet mit der Nahrung zugeführt werde, sondern auch aus andern Kalksalzen und Phosphaten innerhalb des Körpers erst erzeugt werde, lehrt besonders die Untersuchung der Eier während der Bebrütung; das Kalkphosphat findet sich in weit grösserer Menge im entwickelten Embryo als im unbebrüteten Ei.

Kohlensaurer Kalk.

Der kohlensaure Kalk findet sich in untergeordneter Menge neben dem phosphorsauren in den Knochen der Wirbelthiere; in grosser Menge ist er dagegen in den festen Theilen der Wirbellosen abgelagert, wo er sichtlicher Weise demselben Zwecke dient, wie der phosphorsaure Kalk in den Knochen der Wirbelthiere.

In manchen thierischen Flüssigkeiten findet sich saurer kohlensaurer Kalk aufgelöst; so kommt er z. B. in nicht geringen Mengen im Parotidensecrete von Pferden so wie von Hunden vor, im Harn pflanzenfressender Thiere und wahrscheinlich auch in deren Blute.

In Concrementen, z. B. sog. Speichelsteinen, Venensteinen, Harnsteinen, findet sich mehr oder weniger kohlensaurer Kalk.

In krystallinischer Form findet sich kohlensaurer Kalk constant auf der äussern und obern Wand des ovalen Säckchens im Vorhof des Gehörorgans (in prismatischen Formen, nicht in Rhomboëdern); ähnliche Krystallanhäufungen finden sich bei den Batrachiern auf der Hirnhaut und in weissen glänzenden Säckchen an den Zwischenwirbellöchern.

Ueber den Ursprung des kohlensauren Kalks aus der vegetabilischen Nahrung und dem Trinkwasser kann kein Zweifel sein; doch mag sich ein Theil desselben auch im Blute durch Zersetzung organischsaurer Kalksalze bilden.

Phosphorsaure Magnesia.

Die phosphorsaure Magnesia begleitet den phosphorsauren Kalk überall.

Da dieses Salz in den festen Excrementen in grösserer Menge vorkommt, als phosphorsaurer Kalk, so hat man daraus schliessen wollen, dass die Chylusgefässe ein grösseres Absorptionsvermögen für Kalkphosphat als für Talkerdephosphat besitzen; allein abgesehen davon, dass sehr erhebliche Mengen phosphorsaure Talkerde im Darme absorbirt werden, wie wir aus dem reichlichen Gehalte des Harns an diesem Salze schliessen können, so dürfte jene Erfahrung wohl dadurch zu deuten sein, dass das Talkerdephosphat so geneigt ist, mit Ammoniak jenes schwerlösliche, krystallinische Salz zu bilden, welches wir in den Excrementen nie vermissen und in dem Darminhalte der Pflanzenfresser sich oft zu ausserordentlich grossen Concrementen anhäufen sehen.

Der Reichthum der Cerealien an diesem Salze erklärt sein Vorkommen gnügend.

Fluorcalcium.

Fluorcalcium findet sich constant in den Knochen in geringen Mengen, mehr in fossilen als in Knochen jetzt lebender Thiere. Grösser

ist seine Menge im Schmelze der Zähne, dessen Härte man zum Theil dem Gehalte an dieser Substanz zuschreibt.

Kieselsäure.

Im Organismus der höhern Thiere beschränkt sich das Vorkommen der Kieselsäure auf Haare und Federn. Geringere Mengen Kieselsäure hat man auch im Blute, der Galle, dem Harn namentlich der Vögel gefunden.

In den festen Excrementen stösst man immer auf Kieselsäure, theils als wirklichen Sand, theils von den Geweben der Pflanzennahrung herrührend.

Dass die Skelete vieler Infusorien hauptsächlich aus Kieselsäure bestehen, ist bekannt.

Chemisch wirkende Mineralstoffe.

Chemisch wirkende Mineralstoffe.

Zu den in den Stoffwechsel tiefer eingreifenden, mehr chemisch wirkenden Mineralstoffen zählen wir:

Chlorwasserstoffsäure
Chlornatrium
Kohlensaures Natron
Phosphorsaure Alkalien
Eisen.

Chlorwasserstoffsäure.

Die Chlorwasserstoffsäure kommt frei, indessen wohl mehr als gepaarte Säure, nur im Magensafte vor; ohne freie Säure besitzt der Magensaft keine verdauende Kraft; nur Milchsäure kann in diesem die Stelle der Salzsäure vertreten.

Welche chemischen Processe in den Magensaftdrüsen die Salzsäure frei machen, ist bis jetzt noch völlig unerklärlich.

Chlornatrium.

Chlornatrium ist in allen Theilen des Organismus, festen wie flüssigen, enthalten. Es ist eine wichtige Thatsache, dass dieser Körper einerseits stets den grössten Theil der löslichen Aschenbestandtheile thierischer Flüssigkeiten bildet, und andrerseits, dass er in den meisten thierischen Säften und namentlich im Blute in ziemlich constanter, vom Kochsalzgehalte der Nahrung unabhängiger Menge sich erhält. Die Vertheilung des Chlornatriums im thierischen Organismus ist durchaus nicht eine zufällige; während es im Blutserum, im Chylus, in der Lymphe, im Eiweiss der Eier, so wie überhaupt in alkalischen Säften in grosser Menge angehäuft ist, tritt es in den Blutkörperchen, im Safte des Muskelfleisches und der Thymusdrüse, im Eidotter so zurück, dass darin oft kaum Spuren nachzuweisen sind. Im Blutserum steht seine Menge überdiess in einem gewissen Wechselverhältniss zum Albumingehalte desselben; je weniger Albumin im Blute enthalten ist, desto mehr Chlornatrium finden wir darin. In den Transsudaten ist es aus physikalischen Gründen in relativ zum Albumin grösserer Menge enthalten als im Blutserum. In besonders grossen Mengen (10 bis 12% der

festen Bestandtheile) findet es sich im Speichel, Magensafte, Schleim, Eiter und entzündlichen Exsudaten.

Da wir bei der Betrachtung des thierischen Stoffwechsels ausführlicher auf die physiologische Dignität des Chlornatriums eingehen müssen, so schweigen wir hier ganz von der Verwendung desselben zu physiologischen Zwecken.

Kohlensaures Natron.

Das kohlensaure Natron wird meistens erst durch das Einäschern der organischen Materien erzeugt, allein es findet sich auch praeformirt im Blute, in der Lymphe, in Transsudaten, im Speichel und im Harn pflanzenfressender Thiere.

Die verschiedenen Zwecke, welche dieses Salz im Blute und den übrigen Flüssigkeiten zu erfüllen hat, werden theils bei diesen, theils beim Stoffwechsel im Allgemeinen in nähere Betrachtung gezogen werden.

Phosphorsaure Alkalien.

Phosphorsaure Alkalien kommen in den meisten thierischen Flüssigkeiten, jedoch in höchst verschiedenen Mengen vor; bemerkenswerth ist es, dass sie gerade so dem Chlornatrium gegenüberstehen, wie die Kalisalze den Natriumverbindungen; sie kommen daher dort in grösster Menge vor, wo die Natronsalze und namentlich das Chlornatrium mehr zurücktreten; daher in den Blutkörperchen, im Dotter des Eies, in dem Safte der Muskeln und der Thymusdrüse; nur in sehr geringen Mengen findet man sie dagegen in den alkalischen Flüssigkeiten des Thierkörpers, wie im Blutserum, im Weissen des Eies u. s. w. Da sie demnach in den sauren Flüssigkeiten überwiegend sind, so wird man dort meist saures phosphorsaures Kali, wie z. B. im Fleischsafte, anzunehmen haben.

Ihre Mengen im Harn sind ebenso von dem Verhältnisse der Nahrungsmittel und dem Verbrauche dieser Salze beim Stoffwechsel abhängig, wie die der phosphorsauren Erden und des Chlornatriums.

Da mit der Pflanzennahrung dem Organismus meist Erdphosphate zugeführt werden, so mögen diese Alkalisalze wohl erst durch doppelte Wahlverwandtschaft innerhalb des Organismus gebildet werden.

Von ihrer physiologischen Function wird unter den „Exsudaten“ und dem „thierischen Stoffwechsel“ genauer die Rede sein.

Eisen.

Das Eisen, welches wir im Thierkörper theils als Chlorür, wie im Magensafte, theils als phosphorsaures Oxyd, wie in dem Milzsafte, theils in organischer Verbindung mit Haematin in den Blutkörperchen vorfinden, spielt in der thierischen Oekonomie eine für uns zur Zeit unbegreifliche Rolle. Dass diese Rolle nicht unwichtig sein mag, dafür spricht auch das Vorkommen von Eisen in der Asche der Milch so wie des Eies.

Excernirt wird das Eisen hauptsächlich durch die Leber; denn wir finden es besonders in der Galle.

Unsre gewöhnlichen Nahrungsmittel und Getränke enthalten so viel Eisen, dass der Ursprung des im Körper gefundenen leicht erklärlich ist.

Zufällige Mineralstoffe des Thierkörpers.

Zufällige Mineralbestandtheile.

Zu den zufälligen Mineralbestandtheilen des Thierkörpers zählen wir:

Schwefelsaure Alkalien
Kohlensaure Magnesia
Mangan
Arsen
Kupfer
Blei
Ammoniaksalze
Rhodannatrium.

Schwefelsaure Alkalien.

Schwefelsaure Alkalien finden sich praeformirt fast in allen thierischen Flüssigkeiten, jedoch ausser im Harn nur in sehr geringen Mengen. Die Analysen des Bluts und andrer proteïnreicher Flüssigkeiten ergeben zwar gewöhnlich nicht geringe Mengen von Sulphaten, allein diese sind meist erst durch das Einäschern der schwefelhaltigen Proteïnkörper entstanden. Im Blute kommen nur sehr geringe Mengen praeformirt vor, da sie durch die Nieren sehr bald aus demselben entfernt werden.

Ihre Mengen im Harn sind daher je nach der Zufuhr von aussen höchst schwankend. Ihr gänzliches Fehlen in der Milch und im unbebrüteten Ei weist darauf hin, dass sie keine besondern Zwecke bei der thierischen Stoffmetamorphose erfüllen können, sondern dass sie als Producte des Stoffwechsels rein excrementitieller Natur sind.

Auffallend ist, dass in den Knochen der Reptilien und Fische nicht geringe Mengen von Sulphaten praeformirt vorkommen sollen.

Kohlensaure Magnesia.

Kohlensaure Magnesia kommt nur spärlich im Organismus vor, namentlich in den Knochen und in Concrementen. Im Harne pflanzenfressender Thiere trifft man oft erheblichere Mengen an. Da in den Cerealien und Gräsern meist nicht kohlensaure oder organischsaure, sondern phosphorsaure Talkerde enthalten ist, so mag das kohlensaure Salz des Harns der Herbivoren erst beim Stoffwechsel gebildet worden sein.

Mangan

Mangan findet sich nur in höchst geringen Mengen als Begleiter des Eisens gerade so wie gewöhnlich im Mineralreiche. Gleich dem Eisen wird es hauptsächlich durch die Leber mit der Galle ausgeschieden.

Arsen.

Arsen hielt man eine Zeit lang für einen constanten Bestandtheil des Thierkörpers, allein es scheint nur unter besondern Verhältnissen in den Organismus überzugehen und dann hauptsächlich durch die Galle ausgeschieden zu werden.

Kupfer und Blei.

Ebenso sollten Kupfer und Blei stets in geringen Mengen im Organismus der höhern Thiere vorkommen: allein nur zuweilen hat man

diese Metalle in der Galle und in Gallensteinen von Menschen und Rindern mit Sicherheit nachweisen können. Im blauen Blute einiger Ascidien, Cephalopoden und Mollusken ist Kupfer als integrirender Bestandtheil erkannt worden.

Ammoniaksalze.

Ammoniaksalze finden sich bei weitem seltner im thierischen Organismus, als man diess früher angenommen hat; selbst im Urine ist deren Menge im normalen Zustande nur äusserst gering. Wie hier so erzeugt sich im Schweisse das Ammoniak erst nach der Abscheidung an der Luft. Auch das in der exspirirten Luft gefundene Ammoniak ist wohl nicht direct aus dem Blute ausgeschieden. Nur im Magensafte sind geringe Mengen Salmiak mit Genauigkeit nachgewiesen worden; in manchen schweren Krankheiten treten jedoch Ammoniaksalze, namentlich kohlensaures Ammoniak, im Magensafte, Blute und besonders im Harne auf.

Rhodannatrium.

Rhodannatrium ist bis jetzt nur im Speichel und zwar in höchst geringen Mengen, obwohl ziemlich constant, gefunden worden. Sein Ursprung wie sein etwaiger Nutzen sind noch unbekannt.

Wie schon in der Vorrede angedeutet, haben wir es unterlassen, die analytischen Hülfsmittel anzuführen, durch welche die erwähnten Mineralbestandtheile des thierischen Organismus erkannt und mit Genauigkeit nachgewiesen werden können. Wir wiederholen, wer sich mit chemisch-physiologischen Untersuchungen beschäftigen will, muss sich vorher mit der mineralanalytischen Chemie aufs innigste vertraut gemacht haben. Das Mikroskop bietet allerdings ein Hülfsmittel, von dem die analytische Chemie nichts lehrt. Die auf dieses Instrument begründete Dokimasie einzelner Mineralsubstanzen wird bei Betrachtung der verschiedenen Flüssigkeiten und Gewebe des Thierkörpers berücksichtigt werden.

PHLEGMATOCHEMIE.

Lehre von den thierischen Säften.

Von der Behandlungsweise dieses Theils der physiologischen Chemie ist bereits in der allgemeinen Einleitung zu derselben (S. 2—4) die Rede gewesen. Es ist daher hier nur daran zu erinnern, dass eine gedeihliche Untersuchung der thierischen Flüssigkeiten und ihres physiologischen Werthes an Bedingungen geknüpft ist, die weder an Zahl noch an Wichtigkeit gering sind. Bei der Schwierigkeit, allen Bedingungen nachzukommen, finden wir in der Säftelehre fast noch bedeutendere Lücken, als in der reinen Zoochemie. Sehr oft stellt sich einer eingehendern Forschung schon der Umstand allein entgegen, dass es schwer hält, von gewissen thierischen Säften das zur Untersuchung nöthige, reine Material in ausreichender Menge zu erlangen ja von manchen, z. B. dem Dickdarmsafte, ist diess überhaupt noch nicht möglich gewesen.

Erfordernisse zur Bearbeitung dieses Theils der physiologischen Chemie.

Die Analyse selbst hat aber hier mit grössern Hindernissen zu kämpfen, als sonst irgendwo; die meist in grosser Menge in thierischen Säften enthaltenen Proteïnkörper sind einander viel zu ähnlich, als dass sie bei der Analyse immer scharf geschieden und unterschieden werden könnten. Andre für die physiologische Erkenntniss des Werths eines thierischen Saftes oft höchst wichtige Stoffe sind in viel zu geringer Menge in dem erlangbaren Material enthalten, als dass sie einer exacten, chemischen Untersuchung zugänglich wären. Der misslichen Untersuchung der Aschenbestandtheile haben wir schon früher (S. 194) Erwähnung gethan. Zu dem allen kommt oft noch, dass in dem Safte eine Menge suspendirter, morphotischer Theile enthalten sind, die sich mechanisch gar nicht abscheiden lassen, so dass schon deshalb ein reines Object nicht zu gewinnen ist. Die quantitativen Analysen thierischer Flüssigkeiten erlangen daher nur durch Anwendung verschiedener controlirender Methoden einen immerhin relativen Grad von Sicherheit.

Schwierigkeiten der chemischen Analyse.

Grundlagen des mechanischen und chemischen Stoffwechsels im lebenden Körper.

Nun versteht es sich aber fast von selbst, dass, wenn die Analyse der thierischen Säfte noch dermaassen im Argen liegt, man auch über die physiologische Function, über Entstehung, Verwendung und Untergang eines thierischen Saftes nur schwierig zu einigermaassen sichern Anschauungen gelangen kann. Erreichen wir auch durch gewisse Maassermittlungen der quantitativ bestimmbaren Bestandtheile und der Gesammtsummen derselben gewisse Standpunkte, welche die aufzustellenden Hypothesen wenigstens einigermaassen beschränken, und verschaffen uns so gewisse Werthe für die Beurtheilung des mechanischen Stoffwechsels im thierischen Organismus: so fehlt uns doch immer die Grundlage zur Erkenntniss des weit wichtigern chemischen Stoffwechsels, ohne welchen die Lehre von den chemischen Processen im lebenden Thierkörper stets nur ein Gewebe von logisch mehr oder minder schwankenden Hypothesen bleiben wird.

Blut.

Blut nennen wir bekanntlich jene Flüssigkeit, welche durch den Körper der höhern Thiere in mehr oder minder elastischen Röhren strömt und durch besondere Organe in Bewegung gesetzt wird.

Physikalische Eigenschaften.

Die physikalischen Eigenschaften des Bluts sind: es ist tropfbarflüssig, erheblich schwerer als Wasser (durchschnittlich 1,055 spec. Gewicht), meist von hellkirschrother Farbe (das Arterienblut jedoch immer weit lichter roth, das der Venen viel dunkler); sehr wenig durchscheinend; nur in der Wärme von schwachem Geruch (bei Männern etwas stärker als bei Frauen). Sobald das Blut aus dem Kreislaufe des thierischen Körpers getreten ist, wird es zähflüssiger, gallertartig (es gerinnt) und scheidet sich endlich in eine feste, dichte, meist dunkelrothe Masse (Blutkuchen) und eine ziemlich klare, schwachgelbliche Flüssigkeit (Blutserum).

Specifisches Gewicht.

Das specifische Gewicht des Menschenblutes schwankt unter physiologischen Verhältnissen zwischen 1,045 und 1,075; bei Frauen ist es geringer als bei Männern, bei Kindern geringer als bei Erwachsenen, bei schwangern Frauen noch geringer als bei nicht schwangern.

Wärmecapacität.

Die Wärmecapacität des Bluts steht gewöhnlich in geradem Verhältniss zu seiner Dichtigkeit (*Nasse*).

Gerinnung.

Die Gerinnung des Bluts geschieht in 3 Perioden: 2 bis 5 Minuten nach seiner Entleerung wird es von der Oberfläche her zähflüssig und fast gallertartig; nach 7 bis 14 Minuten ist es zu einer consistenten Gallert geworden; nach Verlauf dieser Zeit erscheint an der Oberfläche

eine Lage dünner, farbloser oder blassgelblicher Flüssigkeit, welche in demselben Grade an Menge zunimmt, als die rothe gallertartige, immer dichter werdende Masse an Volumen abnimmt; nach 12 bis 40 Stunden pflegt der Blutkuchen sich nicht mehr zu contrahiren und kein Serum mehr ausgepresst zu werden. Der vollständig contrahirte Blutkuchen hat meist die Hohlform des Gefässes, in dem das Blut gerann, und zwar in verjüngtem Maassstabe. Der untre Theil des Blutkuchens ist dunkler, der obere heller roth gefärbt, als das ursprüngliche Blut. Das Blut der Männer gerinnt langsamer als das der Frauen; der Blutkuchen jener pflegt sich auch stärker zu contrahiren. Arterielles Blut gerinnt schneller, als venöses. Reichlicher Zutritt atmosphaerischer Luft beschleunigt das Gerinnen. Beim Schütteln, Rühren, Quirlen (oder sog. Schlagen) frischentleerten Bluts bildet sich nicht ein einziges consistentes Coagulum, sondern mehr oder weniger kleine rothe Flocken und Klumpen.

Morphotische Bestandtheile.

Bei der mikroskopischen Betrachtung des Bluts erkennt man, dass es in einer gelöste Stoffe enthaltenden Flüssigkeit auch morphotische, d. h. feste, ungelöste, eigenthümlich geformte Materien enthält, dass die Blutflüssigkeit (Intercellularflüssigkeit, Plasma) farblos ist, die grosse Mehrzahl der suspendirten Molecüle aber gefärbt.

Rothe Blutkörperchen.

Die gefärbten Molecüle (rothe Blutkörperchen), welche bei weitem überwiegend sind über die ungefärbten morphotischen Elemente des Bluts, bilden beim Menschen dicke, kreisrunde, schwach biconcave Scheiben, welche aus einer farblosen Umhüllungsmembran und einem roth oder im durchfallenden Lichte gelbgefärbten, zähflüssigen Inhalte bestehen; im einzelnen erkennt man zuweilen noch ein oder mehrere amorphe Körnchen.

Die Blutkörperchen der meisten Säugethiere bilden ebenfalls runde Scheiben, ausser denen des Kameels, Dromedars und Lamas, welche elliptisch und biconvex sind. Die Vögel haben länglich ovale, in der Mitte erhabene, am Rande scharf zugehende Blutkörperchen; die der Amphibien sind oval und stark convex.

Die menschlichen Blutkörperchen haben durchschnittlich einen Diameter von $^1/_{800}$ Par. L.; die des Embryo sind etwas grösser als die des luftathmenden Thiers; die der meisten Säugethiere sind etwas kleiner als die des Menschen; die der Amphibien aber bei weitem grösser (bis $^1/_{72}$''').

Farblose Blutkörperchen.

Neben den rothen Blutkörperchen findet man in jedem Blute sog. farblose (Lymphkörperchen), welche mehr kuglich, viel grösser ($^1/_{300}$''') (bei Amphibien also kleiner, als die rothen) und auf der Oberfläche granulirt sind; sie enthalten entweder einen rundlichen, ovalen oder nierenförmigen Kern oder mehrere derselben; sie sind leichter als die rothen Körperchen, bleiben daher zum Theil im Serum suspendirt oder sind meistens im obern Theil des Blutkuchens angesammelt. Auf 345 rothe Blutkörperchen findet man im normalen Blute ungefähr ein farbloses.

Ausser genannten Körperchen findet man im normalen Blute

mikroskopisch keine andern Materien, als einzelne Fetttröpfchen und dann und wann eine Epithelialzelle.

Blutflüssigkeit.

Die Blutflüssigkeit enthält neben andern Stoffen jene Materie, durch welche die Gerinnung des Blutes bedingt wird, den Faserstoff. Der Blutkuchen besteht aus dem geronnenen Faserstoff, welcher bei seiner Ausscheidung die Blutkörperchen und andere oben erwähnte morphotische Materien eingeschlossen hat; von Serum ist er noch stark durchfeuchtet.

Serum.

Das Serum, welches durch die Contraction des Blutkuchens allmälig ausgepresst wird, hat dieselbe Zusammensetzung, man mag den ersten oder den letzten Tropfen ausgepresster Flüssigkeit untersuchen: sein specifisches Gewicht schwankt nur wenig um 1,028.

Verschiedenheit in der chemischen Zusammensetzung der Körperchen und der Flüssigkeit des Blutes.

Es versteht sich eigentlich von selbst, dass die Blutkörperchen und ihr zähflüssiger Inhalt eine andere Zusammensetzung haben müssen, als die Intercellularflüssigkeit oder das Serum: allein man sollte wegen der leichten Diffusion gewisser Blutbestandtheile erwarten, dass diese wenigstens ziemlich gleichförmig im Blutkörpercheninhalt und Serum vertheilt seien; diess ist jedoch nicht der Fall. Zur leichtern Uebersicht über diese Verhältnisse stellen wir die nach den bisher besten Analysen ermittelte Zusammensetzung beider nebeneinander:

1000 Th. Blutkörperchen enthalten		1000 Th. Blutflüssigkeit enthalten	
Wasser	688,00		902,90
Feste Bestandtheile	312,00		97,10
Spec. Gewicht	1,0885		1,028
Haematin	16,75	Fibrin	4,05
Haematokrystallin	241,07	Abumin	78,84
Zellenmembranen	41,415		
Fett	2,31		1,72
Extractivstoffe	2,60		3,94
Mineralstoffe (ohne Eisen)	8,12		8,55
Chlor	1,686		3,644
Schwefelsäure	0,066		0,115
Phosphorsäure	1,134		0,191
Kalium	3,328		0,323
Natrium	1,052		3,341
Sauerstoff	0,667		0,403
Phosphorsauren Kalk	0,114		0,311
Phosphorsaure Magnesia	0,073		0,222

Physikalische Eigenschaften der rothen Blutkörperchen.

Die physikalischen Eigenschaften der Blutkörperchen sind nicht ohne Einfluss auf gewisse Veränderungen, welche das Gesammtblut unter verschiedenen physiologischen und pathologischen Verhältnissen erleidet. Man muss sich bei Beurtheilung dieser Verän-

derungen immer daran erinnern, dass die Blutkörperchen Blasen sind, niemals ganz gespannt erfüllt von jener zähen, rothen Flüssigkeit, und dass namentlich im kreisenden Blute zwischen der Intercellularflüssigkeit und letztgenanntem rothen Safte fortwährend endosmotische Strömungen stattfinden, in Folge deren die Blasen sich bald mehr aufblähen, bald mehr zusammenfallen. Es ist zugleich hieraus ersichtlich, dass das specifische Gewicht jener Bläschen verschieden sein muss, je nachdem mehr oder weniger wässrige Flüssigkeit aus dem Plasma in dieselben übergegangen ist. Der letzterwähnte Umstand, d. h. die Verschiedenheit des specifischen Gewichts, ist ein wesentlicher Grund des verschiedenen Senkungsvermögens der rothen Blutkörperchen. In verschiedenem Blute zeigen nämlich die farbigen Molecüle desselben eine sehr verschiedene Geneigtheit, sich zu senken, d. h. unter das Niveau der Flüssigkeit so herabzusinken, dass sich von der Oberfläche abwärts eine schmalere oder breitere Schicht farbloser, blutkörperchenfreier Flüssigkeit bildet.

Senkungsvermögen, abhängig

Das specifische Gewicht der Blutkörperchen wird erstens zunehmen, wenn ihnen relativ mehr Wasser entzogen wird, als der Intercellularflüssigkeit, und abnehmen, wenn durch Verdünnung der letztern viel Wasser in sie übergeführt wird. Die Wasserentziehung kann entweder durch Verdunstung geschehen oder durch Zusatz geringer Mengen von neutralen Alkalisalzen, Zucker oder Gummi. Die Blutkörperchen können ferner specifisch schwerer werden, wenn ihnen Salze und Proteïnstoffe (Haematokrystallin) entzogen werden; diess geschieht z. B. im kreisenden Blute nach wiederholten Aderlässen; das Haematin bleibt in den Körperchen in relativ grösserer Menge zurück und deshalb muss ihr specifisches Gewicht (da das Haematin so eisenreich ist) zunehmen.

theils vom specifischen Gewichte,

Specifisch leichter sind die Blutkörperchen, wenn sie verhältnissmässig viel Fett (in Form feiner Körnchen) enthalten, oder wenn sie bei künstlicher Verdünnung des Blutes mit Wasser sich durch letzteres sehr aufblähen.

Hängt aber das Senkungsvermögen der Blutkörperchen hauptsächlich von der Eigenschwere derselben ab, so wird jenes noch durch eine andre physikalische Erscheinung, die wir an ihnen wahrnehmen, wesentlich befördert; diess ist nämlich die Eigenschaft derselben, an ihren flachen Seiten zusammenzukleben und so münzpaketförmige Rollen zu bilden.

theils von der Fähigkeit der Körperchen, zusammenzukleben und sich rollenförmig aufzureihen.

In frischem Blute findet man die Blutkörperchen niemals rollenförmig; meist geschieht das rollenförmige Aufreihen erst unter dem Mikroskop in Folge partieller Wasserverdunstung.

Man leitete früher das grössere Senkungsvermögen der Blutkörperchen einzig und allein von ihrer Geneigtheit zusammenzukleben ab; allein da sie auf Zusatz von Zucker- oder Gummilösung, ohne zusammenzukleben, sich leichter senken, so kann wenigstens diese Eigenschaft allein nicht das Senkungsvermögen bedingen. Jene Fähigkeit der rothen

Körperchen, zusammenzukleben, leitete man früher von einer grössern Klebrigkeit der Intercellularflüssigkeit her, bedingt durch grössern Fibrin- oder Albumingehalt der letztern: allein abgesehen davon, dass die Körperchen oft ein sehr grosses Senkungsvermögen besitzen, wenn das Fibrin künstlich entfernt ist oder die Intercellularflüssigkeit (wie im entzündlichen Blute) relativ wenig Eiweiss enthält, so ist auch diese Ansicht physikalisch unrichtig; denn gerade wenn die Flüssigkeit klebrig ist, werden sich darin suspendirte Theile weniger leicht zusammenhäufen; ist Klebrigkeit der Grund des Aufrollens der Körperchen, so kann sie nur in der Hülle der letztern liegen. Kohlensäure, welche die rothen Blutzellen zum rollenförmigen Aufreihen disponirt, scheint wenigstens die Hüllen der Körperchen aufzulockern und somit klebriger zu machen. Oft mag übrigens das rollenförmige Aufreihen der Blutkörperchen erst die Folge des vermehrten Senkungsvermögens sein. Man muss es nämlich als eine physikalische Nothwendigkeit betrachten, dass, wenn die Körperchen sich senken, d. h. also wenn sie sich im untern Theile der Flüssigkeit anhäufen und so einander nähern, sie mit ihren flachen Seiten an einander haften müssen. Dagegen ist es eine physikalische Nothwendigkeit, dass sich die Blutkörperchen, wenn sie sich rollenförmig aufgereiht haben, schneller senken; auch ist diess daraus zu erkennen, dass Blutkörperchen, wenn sie sich einmal bereits gesenkt hatten, nach dem Umrühren viel schneller zu Boden sinken, als das erste Mal. Das Zusammenhaften der Blutkörperchen ist übrigens so gering, dass, wie man sich durch das Mikroskop überzeugen kann, die geringsten mechanischen Mittel sie von einander trennen; also gross würde die Klebrigkeit der Hüllen keineswegs zu nennen sein.

Verschiedenheit des Senkungsvermögens in verschiedenem Blute.

Folgende Thatsachen können zum Beweise der hier gegebenen Erklärung des Senkungsvermögens der Blutkörperchen dienen und dürften zugleich darin ihre Deutung finden: Die Blutkörperchen des Pferdebluts zeichnen sich vor denen aller andern Thiere durch ihr grosses Senkungsvermögen aus; bei folgenden Thieren nimmt dieses Vermögen in folgender Reihe ab: Pferd, Katze, Hund, Kaninchen, Ziege, Schaf, Rind, Vögel, Schwein. Das Serum des Pferdebluts ist zwar sehr klebrig, allein die Körperchen desselben senken sich ebenso schnell auch im Blutserum andrer Thiere, und die Blutkörperchen andrer Thiere nicht schneller im Serum des Pferdebluts. Die Pferdeblutkörperchen sind arm an Fett im Verhältniss zu denen anderer Thiere. Die Blutkörperchen entzündlichen Blutes senken sich schneller, als die gesunden Bluts; das entzündliche Blut ist reicher an Kohlensäure und ein wenig ärmer an Albumin, als gesundes Blut; im defibrinirten Entzündungsblute senken sich die Körperchen ebenso schnell, als im nichtdefibrinirten; das Entzündungsblut ist aber sehr fibrinreich. In geschlagenem Blute (wenigstens von Pferden) senken die Blutkörperchen sich viel schneller, als in ruhig gerinnendem Blute; vielleicht weil im letztern Falle die durch das allmälige Abkühlen im Blute bedingte Be-

wegung die Blutkörperchen länger suspendirt erhält, während im erstern nach erfolgter Abkühlung die Körperchen nur dem Gesetz der Schwere folgen.

Verschiedene Färbung des Bluts,

Der Grad der **Färbung**, welche das Gesammtblut zeigt, hängt zum **grossen Theil** von der *Gestalt der Blutkörperchen* ab, hat also in physikalischen Verhältnissen seinen Grund. Man leitet die lichtere Farbe des Bluts von der concaven Hohlspiegeln gleichenden Form der contrahirten Blutkörperchen ab, während man annimmt, dass die endosmotisch aufgeblähten Körperchen, convexen Hohlspiegeln gleich, das Licht mehr zerstreuen und so die Farbe des Gesammtblutes dunkler erscheinen lassen. Hiermit stimmt überein, dass alle Stoffe, welche bewirken, dass den Blutkörperchen Wasser entzogen wird und dadurch deren centrale Depression deutlicher hervortritt, z. B. alle neutralen Alkalisalze, Zuckerlösung und andre, die nicht zersetzend auf das Blut einwirken, das Blut hellroth bis lichtzinnoberroth färben, während durch Stoffe, wie Wasser, Aether und verdünnte organische Säuren, welche die Blutkörperchen aufquellen und fast sphaerisch machen, das Blut tief dunkelblauroth gefärbt wird. Dass indessen diese Bildung von Hohlspiegelformen auf die Farbe des Bluts nur von untergeordneter Bedeutung sein kann, geht besonders daraus hervor, dass auch das Blut der Amphibien, welches biconvexe Blutkörperchen enthält, die nie concav werden können, durch neutrale Alkalisalze und concentrirte Zuckerlösungen hellroth gefärbt wird.

abhängig theils von der Gestalt der Blutkörperchen,

Solche Salze, durch welche das Blut der Säugethiere und Vögel, so wie das der Amphibien zinnoberroth gefärbt wird, sind folgende: schwefelsaures Kali und Natron, salpetersaures Kali und Natron, chlorsaures Kali, phosphorsaures Natron, einfach- und doppeltkohlensaures Natron, Kaliumeisencyanür, Borax, Jodkalium, Rhodankalium, Salmiak, schwefelsaure Talkerde u. dergl.

theils von der Dichte der Hüllenmembran.

Nicht ohne Einfluss auf die Färbung des Gesammtbluts muss auch die *Dichte* und *Faltung der Hüllenmembran* der Körperchen sein; sind die Blutkörperchen collabirt, so wird diese Membran dicker sein, sind sie expandirt, so wird sie sehr dünn sein und demnach den Farbstoff in seiner natürlichen Farbe, die sehr dunkelroth ist, durchscheinen lassen, so wie in einem dünnen Milchglase eine dunkelrothe Flüssigkeit noch dunkelroth, in einem dicken aber hellroth durchscheint. Deshalb machen auch alle Stoffe, welche die Hüllenmembran sprengen oder auflösen, das Blut dunkelroth, z. B. Essigsäure, Alkalien u. dergl.; der Blutfarbstoff löst sich mit natürlicher Farbe in der Intercellularflüssigkeit auf.

Besonders sichtlich ist die Verdichtung, Faltung und Runzelung der Hüllenmembran an den Blutzellen der Amphibien; man sieht nämlich in dem durch obenerwähnte Salze hellroth gefärbten Blute dieser Thiere unter dem Mikroskop die Blutkörperchen so contrahirt, dass sie

Färbung abhängig

zerknitterten elliptischen Blättchen oder gefalteten und betüpfelten Läppchen gleichen.

theils von eingemengten das Licht stark brechenden oder reflectirenden Molecülen,

Nach einigen Beobachtern scheint Sauerstoff die Blutkörperchen zu contrahiren, Kohlensäure zu expandiren; diese leiten daher die lichtre Farbe des arteriellen und die dunklere des venösen Blutes von diesen Verhältnissen ab.

Farblose, das Licht mehr oder weniger stark reflectirende feste Stoffe, die zwischen die Blutkörperchen vertheilt sind, machen das Gesammtblut ebenfalls heller roth. Daher erscheint das fettreiche Blut von Säufern oder nach reichlichem Fettgenusse, das lymphkörperchenreiche Blut bei Leuchämie heller roth, so wie wenn man Milch, Oelemulsion oder Gypspulver zu Blut gesetzt hat.

Die tiefdunkelrothe Lösung von Haematokrystallin wird hellroth, sobald sich aus derselben Krystalle abscheiden.

Oft begegnet man bei der mikroskopischen Untersuchung des Bluts einer Form der Körperchen, welche in Folge stärkerer Verdunstung oder auf künstlichen Zusatz von neutralen Alkalisalzen entstanden ist; die Körperchen erscheinen nämlich mehr isolirt, plattgedrückt, zackig, gekerbt, sternförmig oder überhaupt verzerrt. In frischem Blute, auch wenn es von Kranken entlehnt ist, findet man solche Formen niemals. Gute Mikroskope lassen die mannichfache Faltung der Hüllenmembran als Ursache dieser Formen deutlich erkennen.

theils von chemischen Verhältnissen.

Man würde irren, wenn man die verschiedene Färbung des Bluts einzig und allein von verschiedenen mechanischen Verhältnissen ableiten wollte: es ist vielmehr erweislich, dass auch chemische Verhältnisse, namentlich Sauerstoff und Kohlensäure, umändernd auf die Farbennuance des eigentlichen Blutpigments einwirken. Man hat nun allerdings noch nicht speciell Verbindungen des Blutpigments mit Sauerstoff oder mit Kohlensäure nachweisen können: allein aus folgenden Thatsachen dürfte erhellen, dass solche Verbindungen existiren müssen.

Dichroïsmus venösen Bluts.

Arterielles oder mit Sauerstoff impraegnirtes Blut erscheint in dünnen Schichten schön scharlachroth, hellgelbroth bis isabellfarben, venöses oder mit Kohlensäure, Wasserstoff oder Stickstoff impraegnirtes dagegen in dünnen Schichten purpurfarben, in den dünnsten grün; das letztre ist also *dichroïtisch*, das erstre nicht (*Brücke*). Da das künstlich dargestellte Haematin je nach Zusatz von Säuren oder Alkalien bald momochroïtisch bald dichroïtisch ist, so dürfte wohl auch bei Einwirkung von Sauerstoff oder Kohlensäure die Differenz in der Färbung nicht von rein mechanischen Verhältnissen abzuleiten sein (*Bruch* u. Andre).

So stark gewässertes Blut, dass in ihm durch das Mikroskop keine rothen Blutkörperchen mehr zu erkennen sind, wird durch Sauerstoffgas immer etwas lichter, durch Kohlensäuregas dunkler gefärbt. Die dunkelrothe Lösung frisch dargestellten, pigmenthaltigen Haematokrystallins wird durch Sauerstoff ebenfalls etwas lichter, durch Kohlen-

säure aber noch dunkler roth. Während öftern Umkrystallisirens verliert das Pigment diese Fähigkeit; daher in mehrmals umkrystallisirtem, aber noch pigmenthaltigem Haematokrystallin diese Farbenveränderung durch Gase nicht mehr wahrzunehmen ist. Weiter unten kommen wir bei Betrachtung des Gasgehalts des Blutes ausführlicher auf diesen Gegenstand zurück.

Dass jene Gase sich auch mit andern Proteïnkörpern chemisch verbinden, ist schon oben erwähnt und neuerdings auch durch *Harley* bestätigt worden. Hier sei beispielsweise zunächst nur daran erinnert, dass eine Lösung von Krystalllinsenglobulin durch Kohlensäure vollständig praecipitirt, durch zugeleiteten Sauerstoff aber das Praecipitat wieder aufgelöst wird: dagegen zeigt das mit Essigsäure und Alkalisalzen behandelte, metamere Haematokrystallin das umgekehrte Verhalten: dieses wird nämlich aus seiner Lösung durch Sauerstoff gefällt, durch Kohlensäure aber wieder aufgelöst. Unter allen eiweissartigen Körpern zeichnet sich das pigmentfreie Haematokrystallin durch die Absorptionsfähigkeit seiner Lösung für Sauerstoff und Kohlensäure aus; alle übrigen Proteïnkörper haben eine weit mindre, unter einander aber wieder sehr verschiedene Absorptionsfähigkeit. Wenn dem Haematokrystallin somit wenigstens in gewisser Beziehung seine Function im Blute und in den Blutkörperchen selbst angewiesen zu sein scheinen dürfte, so darf man doch nicht, wie *Hoppe*[1]), glauben, dass dasselbe auch ausserhalb der Blutkörperchen, d. h. in der alkalischen Intercellularflüssigkeit dieselbe Function ausüben könne, wie innerhalb der Zellen. Denn hat auch dieser Autor bei Aufstellung einer solchen Ansicht die ihm besonders nahe gelegte Bedeutung der Cellularwirkungen gänzlich übersehen, so hätte daran gedacht werden müssen, dass alle Proteïnkörper, besonders aber die Haematokrystalline, sich gegen Gase durchaus verschieden verhalten, je nachdem deren Lösung neutral, alkalisch oder schwach sauer ist.

Dass von Seiten verdünnter Säuren auch auf die Hüllenmembran der Blutkörperchen eine chemische Einwirkung ausgeübt wird, bedarf nach dem Obigen kaum der Erwähnung, aber auch jene Salze, welche anfangs Contraction der Blutzellen hervorbringen und dadurch lichtere Färbung des Bluts bedingen, wirken allmälig zersetzend auf die Hüllen ein, so dass die Blutkörperchen nicht bloss in ihrer Form verändert, sondern auch in kürzerer oder längerer Zeit völlig zerstört werden, wobei dann natürlich auch die anfangs hellrothe Farbe des Bluts in eine tief dunkelrothe übergeht. Schwefelsaure und salpetersaure Alkalien erhalten die hellzinnoberrothe Farbe des Bluts ziemlich lange; bei kohlensauren Alkalien und Salmiak dagegen geht dieselbe ziemlich bald in eine dunkelrothe über.

Blutkörperchen nicht filtrirbar.

Eine eigenthümliche physikalische Eigenschaft der Blutkörperchen ist noch die, dass sie beim Filtriren des Bluts durch Papier grossen Theils durchs Filter gehen; eine Eigenschaft, die sie jedoch verlieren, wenn dem Blute concentrirte Lösungen von Salzen, namentlich schwefelsaurem Natron oder salpetersaurem Kali, zugesetzt werden. Indessen

---

1) *Hoppe*, Arch. f. pathol. Anat. Bd. 12, S. 484.

ballen sich auch nach Zusatz solcher Salze die Blutkörperchen auf dem Filter bald zusammen, werden dunkelroth und gehen dann mit durch das Filter.

Leitet man Sauerstoff in die auf dem Filter befindliche Flüssigkeit, so dauert es etwas länger, ehe Blutkörperchen das Filter mit durchdringen.

Die chemischen Bestandtheile der Blutkörperchen und die Proportionen, in welchen sie gemengt sind, wurden bereits oben (S. 206) namhaft gemacht.

Hüllenmembran der rothen Blutkörperchen.

Die Hüllenmembran, welche früher irrthümlicher Weise für Fibrin oder Proteïndeutoxyd gehalten wurde, bildet in reinem Zustande noch feucht eine weissgrauliche, klebrige Masse, welche in Essigsäure und verdünnten Alkalien gallertartig aufquillt, in Salpeterwasser selbst nach längerer Digestion bei 37° sich nicht auflöst, keinen Schwefel enthält und gegen Salpetersäure und Salzsäure sich ähnlich einem Proteïnkörper verhält.

Setzt man zu frischem Blute Essigsäure oder verdünnte ätzende Alkalien, so wird es fast dunkelroth, schleimig fadenziehend oder gallertartig; unter dem Mikroskop erkennt man keine Körperchen mehr; hier sind die Hüllen nicht aufgelöst, sondern bedingen durch ihr Aufgequollensein die schleimige Beschaffenheit des Bluts. Durch Zusatz von Salzlösungen oder Jod können die Hüllen wieder sichtbar gemacht werden; die Blutkörperchen selbst sind aber zerstört. Wird dagegen Galle oder eine Lösung glyko- oder taurocholsauren Natrons mit Blut in Berührung gebracht, so werden die Blutkörperchen zerstört, indem ihre Hüllenmembran völlig aufgelöst wird. Durch Jodwasser ist die letztre nicht wieder kenntlich zu machen.

Dass die Galle bei Injectionen ins Blut einen ähnlichen Erfolg hat, indem in Folge der Zerstörung der Blutkörperchen neben albuminösen Stoffen entweder Haematin oder aus demselben gebildetes Gallenpigment im Harn erscheint (vergl. S. 163), ist durch mehrfache Versuche und Beobachtungen von *W. Kühne* ausser Zweifel gesetzt worden.

Man bereitet sich die Substanz der Hüllenmembranen am besten, wenn man das aus der Blutkuchenflüssigkeit dargestellte Haematokrystallin, welches viel Hüllenmembranen in seinen Krystallen eingeschlossen enthält, zuerst mit spiritushaltigem Wasser schlämmt, bis salpetersaures Silberoxyd keine Reaction mehr giebt, und dann mit destillirtem Wasser behandelt; das Haematokrystallin löst sich dann auf und die Membransubstanz bleibt zurück; durch Alkohol und Aether muss sie dann noch von Fett befreit werden.

Verschiedene Constitution der Hüllenmembran.

Dass diese Substanz der Hüllenmembranen nicht stets gleiche Constitution hat, geht aus folgenden zwei Thatsachen hervor; erstens wirkt in jedem Blute Zusatz von viel Wasser oder Aether oder Essigsäure sehr ungleich auf die Blutkörperchen ein, so dass einige schon bei Zusatz von wenig Wasser verschwinden, andre aber selbst nach Zufügung von viel

Wasser noch unverändert bleiben. Die Blutkörperchen des Lebervenenblutes ferner zeichnen sich dadurch vor denen aller andern Gefässe aus, dass sie durch Wasserzusatz nie ganz zum Verschwinden zu bringen sind, sondern ein erhebliches Sediment im gewässerten Blute bilden.

Verhältniss der Blutkörperchen zur Blutflüssigkeit.

Wegen Mangelhaftigkeit der quantitativen Bestimmungsmethoden ist das normale Verhältniss zwischen feuchten Blutzellen und Intercellularflüssigkeit noch nicht genau ermittelt; doch dürften sich im Blute Erwachsener durchschnittlich 51,2% (schwankend zwischen 47,2 u. 54,2) feuchter Blutzellen vorfinden; ärmer an solchen ist das Blut der Frauen, namentlich schwangerer; nach wiederholten Blut- und andern Säfteverlusten wird das Blut noch ärmer an farbigen Zellen. Unter den Thieren ist das Blut der Schweine am reichsten an Körperchen, verhältnissmässig wenig enthält das Blut der Amphibien.

In neuester Zeit hat man Zählungen der Blutkörperchen versucht und in einem Cubikmillimeter gesunden Menschenbluts bald 4600000, bald 5055000 Stück Körperchen gefunden (*Vierordt, Welcker*).

Früher bestimmte man sog. trockne Blutkörperchen (siehe unter Analyse des Bluts) und fand durchschnittlich im gesunden Blute an solchen 13%.

Chemische Bestandtheile der Blutkörperchen.

Als Hauptbestandtheile des zähflüssigen Inhalts der Blutkörperchen nahm man früher Haematin und Globulin an; dieses Globulin hielt man für identisch mit der eiweissartigen Materie der Krystalllinse des Auges; diess ist jedoch nicht der Fall; denn, um nur einen Unterschied anzuführen, das Krystalllinsenglobulin wird aus seiner wässrigen Lösung auch noch bei grosser Verdünnung durch einen Kohlensäurestrom amorph gefällt, während die Lösung des Blutzelleninhalts nur aus sehr concentrirter Lösung sich krystallinisch ausscheidet. Das Krystalllinsenglobulin kann nicht auf dieselbe Weise krystallisirt erhalten werden, wie das Haematokrystallin.

Haematokrystallin.

In den feuchten Blutkörperchen sind nach directen Bestimmungen 18 bis 26% trocknen Haematokrystallins enthalten, im Gesammtblute 9 bis 12%.

Haematin.

Darf man annehmen, dass das lösliche dem Haematokrystallin anhaftende Blutpigment gleich dem künstlich dargestellten Haematin 6,93% Eisen enthält, so lässt sich berechnen, dass die Blutkörperchen des erwachsenen Mannes ungefähr 16 bis 17% davon enthalten müssen.

Einigen Beobachtungen nach gewinnt es den Anschein, als ob in allen den Zuständen, welche von einem reichlichern Wassergehalte des Bluts begleitet sind, das Haematin in relativ grösserer Menge sich in den Blutkörperchen vorfinde.

Fette.

Ein nicht unerheblicher Theil der Fette des Bluts ist in den Blutkörperchen enthalten; ihre Menge beträgt in den feuchten Blutkörperchen 0,2 bis 3%; sie bestehen aus Margarin, Elaïn, margarin- und elaïnsaurem Kali, Cholesterin und glycerinphosphorsaurem Kali.

In den Zellen venösen Blutes finden sich in der Regel mehr Fette, als in denen des arteriellen.

Extractivstoffe. Dass ausser den genannten organischen Stoffen auch noch andre, nicht näher bestimmte, sogenannte Extractivstoffe, in den Blutkörperchen vorkommen, lehren die genauesten quantitativen Analysen.

Mineralstoffe. Rücksichtlich der Mineralbestandtheile der Blutkörperchen zeigt das obige (S. 206) aus den besten Analysen entlehnte Schema der Zusammensetzung des Bluts, dass in den Blutkörperchen die Phosphate und Kaliverbindungen gegenüber den Chlor- und Natriumverbindungen sehr überwiegend sind.

Die Blutkörperchen des arteriellen Blutes sind constant reicher an Salzen als die des venösen, besonders reich daran sind die des Lebervenenbluts.

Eisen. Das Eisen der Blutkörperchenasche gehört nur dem Haematin an.

Gase. In den Blutkörperchen sind endlich vorzugsweise auch die Gase des Bluts enthalten; man ersieht diess zunächst daraus, dass geschlagenes Blut, welches also fast alle seine Blutkörperchen noch besitzt, ein sehr bedeutendes Absorptionsvermögen für Gase besitzt, während das Serum kaum mehr davon absorbirt als Wasser. Die betreffenden Gase sind Sauerstoff, Kohlensäure und Stickstoff. Da dieser Gasgehalt des Blutes die wesentlichste Grundlage der Theorie des Respirationsprocesses, ja des ganzen thierischen Stoffwechsels bildet, so sind hierüber viel Versuche ausgeführt worden, indessen gelang es erst in neuerer Zeit, nachdem *Bunsen* das Gesetz der Gasabsorption einer schärfern experimentalen Kritik unterworfen und zugleich scharfsinnig genaue analytische Methoden ermittelt hatte, die Frage ziemlich zum Abschluss zu bringen.

Magnus[1]) fand im arteriellen Blute von Pferden 10 und 12,5 Volumenprocente Sauerstoff und 1,3 bis 2,0 Volumenprocente Stickstoff, welche Gase durch Kohlensäure oder das Vacuum aus dem Blute ausgeschieden werden konnten. *Lothar Meyer*[2]) fand in einer trefflichen unter *Bunsen's* Leitung ausgeführten Untersuchung, dass arterielles Hundeblut bei vorsichtigem Erwärmen in luftverdünntem Raum 12,4 bis 18,4 Volpr. Sauerstoff und 2,8 bis 5,0 Volpr. Stickstoff und noch 5,3 bis 6,2 Volpr. Kohlensäure entwickelte; Weinsäure entwickelte aus diesem Blute noch 21 bis 28 Volpr. Kohlensäure. Das Verhältniss der sogenannten freien Kohlensäure zu der im Blute gebundenen beträgt nach diesen genauern Versuchen = 1 : 4,6, während dieses früher[3]) nach einer allerdings minder genauen Methode = 1 : 5 gefunden worden war.

Während man früher lange Zeit nicht zur Entscheidung kommen

1) *Magnus*, Pogg. Ann. Bd. 56, S. 177—206.
2) *Lothar Meyer*, Zeitschr. f. rat. Med. 2. Folge Bd. 8, S. 256—316.
3) *Lehmann*, Berichte der königl. sächs. Akad. d. Wiss. 1846. Bd. 1, S. 98.

konnte, ob das Blut überhaupt freie Gase enthalte oder nicht, war man in neuerer Zeit in fortwährendem Zwiespalt darüber, ob die im Blute nun wirklich nachgewiesenen Gase nur mechanisch absorbirt oder chemisch gebunden darin vorkämen. Da ein Gas sich durch das andre, d. h. Kohlensäure durch Sauerstoff und Sauerstoff durch Kohlensäure austreiben liess, so schienen sie nur mechanisch absorbirt zu sein; allein dem widersprach wieder, dass die Absorptionsgrösse für die einzelnen nicht dem Henry-Dalton'schen Gesetze entsprach, sondern in gewissem Grade vom äussern Drucke unabhängig war. Der sorgfältigen Arbeit *Lothar Meyer's* verdanken wir hierüber manche wichtige Aufschlüsse.

Zuvor seien hier des Vergleichs halber die von *Bunsen*[1]) für die drei betreffenden Gasarten gefundenen Absorptionscoëfficienten für reines Wasser angeführt: ein Vol. Wasser absorbirt bei 0° und 760mm. Barometerstand = 0,04114 Vol. Sauerstoff (bei 12° = 0,03133), = 1,7967 Vol. Kohlensäure (bei 12° = 1,1018) und = 0,02035 Vol. Stickstoff (bei 12° = 0,01549).

Kohlensäure.

Dass defibrinirtes und von andern Gasen befreites Blut ungefähr sein 1½ faches Volumen Kohlensäure zu absorbiren im Stande sei, war schon von *Magnus* ermittelt worden; *Meyer* fand, dass 1 Vol. solchen Bluts bei 760mm Druck und 12° C. 1,783 Vol. Kohlensäure zu absorbiren vermag. Unter verschiedenen Druckgrössen ausgeführte Versuche erwiesen, dass nur ein Theil der aufgenommenen Kohlensäure dem Absorptionsgesetze folgt, während ein andrer vom Drucke unabhängig ist, also auf einer chemischen Anziehung beruhen muss. Nach *Meyer's* Versuchen werden von jenen 1,783 Vol. Kohlensäure 1,151 Vol. chemisch angezogen, während nur 0,632 Vol. einfach absorbirt sind. Die nahe liegende Frage, welcher Blutbestandtheil es sei, durch welchen die vom Druck unabhängig absorbirte Kohlensäure gebunden werde, lässt sich zur Zeit nicht beantworten; soviel scheint aber ausser Zweifel, dass es nicht der Gehalt des Bluts an kohlensaurem Natron sein kann, der durch seine Umwandlung in das saure Salz jene Quantität Kohlensäure binde. Da aber das kreisende Blut, wie aus obigen Zahlen hervorgeht, bei weitem weniger Kohlensäure enthält, als das einer Atmosphaere reiner Kohlensäure ausgesetzt gewesene und da namentlich der aus dem arteriellen Blute durch Erwärmen oder andre Gase verdrängbare Theil Kohlensäure ziemlich der Menge entspricht, welche das Blut bei dem partiaeren Drucke der Kohlensäure in den Lungenbläschen nach dem Absorptionsgesetze enthalten müsste, so ist es wahrscheinlich, dass Aufnahme und Ausgabe der Kohlensäure im kreisenden Blute nur von diesem physikalischen Gesetze abhängig sei.

Lösungen von kohlensaurem Natron verhalten sich gegen eine Kohlensäureatmosphaere dem Blute ganz ähnlich, d. h. man findet (wie auch *L. Meyer's* directe Versuche lehren), dass ein Theil der Kohlensäure unab-

1) *Bunsen*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 93, S. 1—50.

hängig vom Druck gebunden wird, (dieser ist der zur Bildung von doppelt-kohlensaurem Natron nöthigen Menge Kohlensäure entsprechend), ein andrer Theil dagegen nur gemäss dem physikalischen Gesetz absorbirt wird. Im Blute könnte neben dem kohlensauren Natron auch das phosphorsaure zugleich mit eine Rolle spielen (*Liebig*). Inwiefern aber andre Salze vielleicht den Absorptionscoëfficienten der Kohlensäure ändern könnten, ist aus den bezüglichen Versuchen von *Fernet*[1]) noch nicht ersichtlich. *Marchand's*[2]) Bestimmung der Menge der im Blut enthaltenen Kohlensäure ist ungenau, indessen eher zu gross als zu klein; **nimmt man aber die von *Marchand* gefundene Zahl für das kohlensaure Natron = 0,1628% des Blutes als richtig an, so würden 100 Vol. Blut immer nur 34,3 Vol. Kohlensäure chemisch zu binden vermögen, während diese nach obiger Angabe 151 Vol. unabhängig vom Luftdrucke absorbiren.** Diess beweist auch ein von *L. Meyer* ausgeführter Versuch. Rindsblut, welches nach einem besondern Versuche 38,82 Volpr. gebundener Kohlensäure enthielt, vermochte frisch noch 62,96 Volpr. Kohlensäure zu binden, also doppelt soviel, als zur Bildung von doppelt-kohlensaurem Natron nöthig gewesen wäre. Würde aber auch soviel kohlensaures Natron im Blute enthalten sein, um die Aufnahme der unabhängig vom Drucke absorbirten Kohlensäure zu erklären, so würde wenigstens jene Hypothese, wornach das in den Venen enthaltene doppeltkohlensaure Natron **in den Lungen in einfach- oder anderthalbkohlensaures Natron umgewandelt würde, keine Berechtigung mehr haben. Denn es ist neuerdings wieder durch *L. Meyer* constatirt worden, dass das doppeltkohlensaure Natron sich einerseits aus dem einfachen Salze nur bildet, wenn die es umgebende Atmosphaere mehr als 1% Kohlensäure enthält,** und sich nur dann zersetzt (in anderthalb-kohlensaures umwandelt), wenn die Atmosphaere erheblich weniger als 1% Kohlensäure enthält. Es müsste diesen Erfahrungen nach das kohlensaure Natron stets als doppeltkohlensaures Salz auch im arteriellen Blute enthalten sein, da, wie weiter unten gezeigt werden wird, in den Lungenbläschen eine Luft von wenigstens 8% Kohlensäuregehalt enthalten ist.

Sauerstoff.

Defibrinirtes und gasfrei gemachtes Blut vermag 9 bis 19 Volpr. Sauerstoff zu absorbiren; diese sind aber fast vollständig wieder durch andre Gase oder durch das Vacuum zu entfernen. Man hielt daher auch die Absorption des Sauerstoffs für einen rein physikalischen Process: allein schon *Gay-Lussac* zweifelte daran, dass diess der Fall sein könnte, da das Blut um sovielmehr Sauerstoff aufnimmt, als reines Wasser; besonders wies aber *Liebig* aus Erfahrungen und Versuchen über die Respiration nach, dass die Sauerstoffabsorption seitens des Bluts wenigstens grossentheils vom äussern Drucke unabhängig sein müsse. *L. Meyer* zeigte endlich durch mehrere Versuchsreihen, dass die Sauerstoffmenge, welche vom Blute unter verschiedenen Druckgraden aufgenommen wird, ziemlich constant sei, und nur zum geringsten Theile abhängig sei von dem Drucke, unter dem das Oxygen mit dem Blute in Berührung kommt. Dass aber in Folge einer chemischen Anziehung die grösste

---

1) *Fernet*, Compt. rend. T. 51, p. 27; Ann. de chim. et de phys. 1856 T. 47, p. 360.

2) *Marchand*, Journ. f. pr. Ch. Bd. 35, S. 389—397.

Menge des Sauerstoffs gebunden werde, erwies er daraus, dass dieselbe von der Menge der im Blute gelösten Bestandtheile, also von dessen Concentration abhing. Denn je mehr Wasser dem Blute zugesetzt wurde, desto weniger wurde Sauerstoff chemisch gebunden, desto mehr aber stieg die vom Druck abhängige, also einfach absorbirte Menge Sauerstoff. So erwiesen also eine chemische Anziehung zwischen Blutbestandtheilen und Sauerstoff ist, so ist diese Verbindung doch so locker, dass sie schon durch stark verminderten Druck oder durch andre scheinbar indifferente Gase, wie Wasserstoff, Kohlensäure, Stickstoff wieder aufgehoben wird. Hierbei hat *L. Meyer* noch eine höchst bedeutungsvolle Thatsache ermittelt, dass nämlich Blut, welches mit etwas Weinsäure versetzt worden ist, beim Erwärmen im Vacuum oder durch andre Gase weit weniger Sauerstoff ausgiebt, als ohne Anwendung jener Säure, ohne dass etwa gleichzeitig dadurch die Menge der auszuscheidenden Kohlensäure vermehrt wird. Man muss sich also wohl vorstellen, dass der Sauerstoff, welcher sonst leicht auf erwähnte Weise ausgetrieben wird, durch Vermittlung der freien Säure eine feste Verbindung mit irgend einem Blutbestandtheile eingehe, ohne dass derselbe aber zunächst zur Bildung von Kohlensäure Veranlassung giebt.

Kohlenoxyd.

Hieran schliessen sich neuerdings von *L. Meyer* [1]) gemachte, sehr interessante Beobachtungen über die Einwirkung des Kohlenoxydgases auf das Blut. Derselbe überzeugte sich nicht nur, dass auch das Kohlenoxyd, gleich dem Sauerstoff, unabhängig vom Drucke, durch das Blut absorbirt wird, sondern dass auch das Volumen des vom Blute absorbirten Kohlenoxyds dem des von demselben aufgenommenen Sauerstoffs gleich ist, ja dass der im Blute chemisch gebundene Sauerstoff durch ein gleiches Volumen Kohlenoxyd verdrängt wird, so dass also in der organischen Verbindung, welche beide Stoffe eingehen können, 2 At. Sauerstoff durch 1 At. Kohlenoxyd ersetzt werden. Während aber die Verbindung mit Sauerstoff sehr locker ist, scheint die mit Kohlenoxyd sehr fest zu sein, so dass diese weder durch Sauerstoff noch ein anderes Gas wieder aufgehoben werden kann.

Stickstoff.

Für den Stickstoff ergeben *L. Meyer's* Versuche, dass die vom Blute aufgenommenen Mengen desselben mit dem Drucke variabel sind, und dass der Absorptionscoëfficient ungefähr 0,02 bis 0,03 betrage.

Dass man in dem Haematokrystallin jene organische Materie vermuthen darf, welche Sauerstoff und Kohlensäure, Kohlenoxyd und Stickstoffoxydul zu binden vermag, ist nach dem oben Angedeuteten und schon früher [2]) Bekannten mehr als wahrscheinlich. Die Lösung reinen Haematokrystallins verhält sich einigen damit angestellten Versuchen nach sehr ähnlich dem Blute in den eben erwähnten Versuchen *Meyer's*. Durch quantitative Versuche, die allein zu einem bestimmten Entscheid führen könnten, hat sich indessen dieser Gegenstand noch nicht erledigen lassen. So leicht

1) *L. Meyer*, Zeitschr. f. rat. Med. 3 Reihe Bd. 5, S. 83—93.

2) *Lehmann*, Ber. d. k. sächs. Ges. d. Wiss. 1853 Bd. 3, S. 101—133.

nämlich das Haematokrystallin darstellbar ist, so umständlich ist es doch, dasselbe bei seiner leichten Zersetzbarkeit in genügender Menge durch Umkrystallisiren u. s. w. völlig rein zu erhalten. Dazu bietet dieser Stoff nach den verschiedensten Richtungen Ausgangspunkte zu weitern wichtigern Untersuchungen, so dass immer nur ein Gesichtspunkt für weitre Forschung festgehalten werden kann.

Nicht unerwähnt bleiben darf endlich eine Eigenschaft der Blutkörperchen, welche zu ihrer Absorptionsfähigkeit für Gase in der innigsten Beziehung steht; sie sind nämlich nach *Schönbein's* Entdeckung ebenso treffliche Ozonträger, wie Terpenthinöl, Zimmtöl und ähnliche Substanzen, d. h. sie absorbiren ozonisirten Sauerstoff in grosser Menge und tragen denselben, ohne selbst wesentliche Veränderungen zu erleiden, auf leicht oxydirbare Körper über.

Faserstoffschollen.

Im geschlagenen Blute hat man auch noch gewisse morphotische Elemente gefunden, die man F a s e r s t o f f s c h o l l e n genannt hat. Diese bestehen aber nicht aus Fibrin, sondern zeigen chemisch mehr Aehnlichkeit mit der Hornsubstanz; sie sind meistens Epithelialzellen, theils von der innern Blutgefässhaut herrührend, theils wohl von Aussen, d. h. von der Oberhaut des Beobachters ins Blut gelangte Epithelialreste. Auch hat man die zusammengehäuften Hüllenreste zerstörter Blutkörperchen zuweilen dafür angesehen.

Farblose Blutkörperchen.

Da die chemische Constitution der morphotischen Bestandtheile der f a r b l o s e n B l u t k ö r p e r c h e n, soweit sie bekannt, völlig mit der der Schleimkörperchen und Eiterkörperchen zusammenfällt, so werden wir diese in der Histiochemie unter den »cytoïden Körperchen« näher betrachten. Ihre Zahl im Blute ist selbst unter physiologischen Verhältnissen höchst verschieden. Ihr Verhältniss zu den farbigen Körperchen ist in der Mittelzahl ungefähr 1 : 345. Nach eiweissreicher Kost werden die farblosen vermehrt; im Knabenalter finden sich relativ mehr farblose Körperchen, als im Jünglings- und Mannesalter. Sehr vermehrt findet man sie nach wiederholten, starken Blutverlusten; in grossen Mengen im Leber- und Milzvenenblute, so wie im Blute bei Leuchaemie und Pyaemie.

Gerichtliche Untersuchung.

Bei gerichtlich chemischen Untersuchungen namentlich von B l u t f l e c k e n ist es immer von hoher Wichtigkeit, auch die morphotischen Bestandtheile des Blutes mikroskopisch nachzuweisen. Hat man ein Splitterchen des eingetrockneten Bluts mit einem Tropfen Wasser befeuchtet etwa $^1/_2$ St. lang stehen lassen, so löst sich Albumin sammt dem Inhalte der rothen Blutkörperchen auf; die letztern werden aber so zerstört, dass man selbst die Hüllenmembran derselben kaum mit Sicherheit wiedererkennt. Nach Entfernung des rothgefärbten Tropfens mittelst einer Pipette bleibt aber ein Fibrincoagulum (s. Fig. 48) zurück, in welchem die farblosen Blutkörperchen eingeschlossen sind. Letztre kann man als solche theils durch mikrometrische Bestimmung ihrer Durchmesser theils durch ihr Verhalten gegen höchst verdünnte Säuren (s. unter Exsudaten »Eiterkörperchen«) mit grosser Sicherheit nachweisen. Das Fibrin erkennt man theils durch seine Configuration

unter dem Mikroskop (s. Fig. 48), theils durch sein Verhalten gegen Essigsäure, Salpetersäure u. s. w. (s. oben S. 177 f.). Die farbigen Blutkörperchen waren bisher trotz vielfacher Versuche unter Anwendung der verschiedensten indifferenten Flüssigkeiten von verschiedener Concentration nicht sichtbar zu machen, da die äusserst zarte Hüllenmembran in jedem Falle durch den ungleichen Zutritt von Flüssigkeit zum Blutkörpercheninhalte der Berstung unterliegt. *Virchow* hat aber in der concentrirten Kalilauge ein treffliches Mittel gefunden, sie unter übrigens günstigen Verhältnissen unzerstört aufquellen zu lassen und dadurch sichtbar und selbst messbar zu machen. Ist dieses bei einer gerichtlichen Untersuchung gelungen und hat man die farblosen Blutkörperchen und das Fibrin erkannt, so kann kein Zweifel mehr über die Exsistenz von Blut obwalten. Trotz dem ist es bei gerichtlichen Untersuchungen immer empfehlenswerth ja nothwendig, auch den oben erwähnten mittelst der Pipette abgehobenen Tropfen theils auf albuminöse Materie, theils auf Haematin zu untersuchen. Mittelst einer zu einem feinen Haarröhrchen ausgezogenen Glasröhre lässt sich jener Tropfen in 5 oder 6 Theile trennen, mit welchen einzeln man die bekannten Reactionen auf coagulable Albuminate ausführen kann. Zum Nachweis des Haematins kocht man einen ähnlichen, wenn auch nur tropfengrossen Auszug der Blutflecken mit concentrirter Essigsäure, um nach dem S. 160 f. angegebenen Verfahren selbst die leiseste Spur dieses Pigments noch zu erkennen.

Nicht selten wird die Frage gestellt, ob ein plötzlicher Todesfall durch Kohlendunst erfolgt ist. Zur Beantwortung dieser Frage hat *Hoppe* ein treffliches Mittel in mässig concentrirter Natron- oder Kalilauge entdeckt. Bekannt ist, dass das Blut nach Kohlenoxydvergiftungen hellroth gefärbt zu sein pflegt: allein aus dieser lichtern Färbung ist, selbst wenn sie deutlich genug hervortritt, kein zweifelloses Urtheil abzuleiten. *Hoppe* hat aber nachgewiesen, dass, wenn mit Kohlenoxydgas wenn auch nur zu geringerm Theile impraegnirtes Blut mit einer Lösung von 1 Th. Aetznatron in 4 bis 6 Th. Wasser gemengt wird, dieses sich zinnoberroth färbt, während gewöhnliches oder mit irgendwelchem andern Gase impraegnirtes Blut eine fast schwarze Masse bildet, welche in dünnen Lagen, z. B. auf weissem Porzellan, schmutzig braunroth erscheint.

So sehr sich diese Reaction an frischem Leichenblute bewährt hat, so bedarf sie doch noch einer weitern Untersuchung; denn während z. B. eine mit Kohlenoxyd impraegnirte Lösung pigmenthaltigen Haematokrystallins mit concentrirter Natronlauge einen fast zinnoberrothen flockigen Niederschlag ebenso wie mit Kohlenoxyd gesättigtes Blut giebt, zeigt die nicht mit Kohlenoxyd in Berührung gewesene Haematokrystallinlösung fast ganz dieselbe rothe Färbung, wie jenes; deren Niederschlag zeigt auch in den dünnsten Lagen keine schmutzig braune oder graugrünliche Nuance. Das Pigment des frisch dargestellten Haematokrystallins erleidet also nicht die Farbenveränderung durch Natronlauge, die frisches Blut damit zu zeigen pflegt.

Bestandtheile der Blutflüssigkeit. Fibrin.

Unter den chemischen Bestandtheilen der Intercellularflüssigkeit tritt uns das Fibrin seiner spontanen Gerinnung halber am auffälligsten entgegen. Da von dem Fibrin bereits oben S. 177 ff. die Rede gewesen ist, so beschäftigt uns hier vorzugsweise nur die Gerinnungsweise dieses Stoffs im frischentleerten Blute.

Gerinnungsweise desselben.

Mikroskopisch verfolgt man am besten die Gerinnungsform des Fibrins, wenn man aus Blut, dessen Körperchen sich vor dem Gallert-

artigwerden desselben etwas unter das Niveau der Flüssigkeit herabsenken, einen Tropfen der blutzellenfreien Flüssigkeit zwischen Objectträger und Deckplättchen bringt. Zunächst erkennt man hie und da im Sehfelde einzelne Molecularkörnchen, von denen aus sehr bald äusserst feine, gerade Fäden entspringen, die zwar radienförmig von jedem Punkte ausgehen, aber nicht, wie bei Krystallen, regelmässig sternförmige Massen bilden; diese Fäden verlängern sich allmälig über mehrere Punkte hinweg und kreuzen sich vielfach, so dass sie endlich einem verfilzten Spinngewebnetz gleichen: später wird dieses Netz immer dichter, so dass man die darin eingebetteten farblosen Blutkörperchen kaum noch erkennt. Da das Fibrin, wenn man es namentlich aus eingetrockneten Blutstropfen untersucht, wirkliche Lamellen bildet, so sind manche Forscher der Ansicht, das Fibrin scheide sich sogleich bei der Gerinnung lamellenförmig aus. Erst später wachsen die Fäden zu Häuten aus, deren fasriges Ansehn allerdings hauptsächllch von Faltungen herrührt.

Die feste Ausscheidung des Fibrins im gerinnenden Blute geht nicht bloss von der Oberfläche aus, sondern von der ganzen Peripherie des Blutvolumens, so dass die innersten Theile zuletzt gelatiniren.

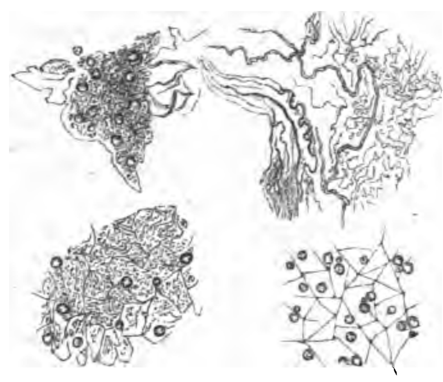


Fig. 48.

In beistehender Figur ist zunächst rechts unten der Eindruck dargestellt, den das Fibrin im ersten Stadium seiner Gerinnung unter dem Mikroskop macht. Das Bild ist entlehnt einem Tropfen Plasma des Bluts eines Pneumonikers, nachdem vor der Gerinnung die Blutkörperchen sich bereits zu senken begonnen hatten. Die grössern Kügelchen sind farblose Blutkörperchen, die kleinern noch einzelne farbige. Links unten ist die Gerinnung des Fibrins in einer weitern Periode dargestellt, so dass das Ganze fast den Eindruck einer Art von Pflasterepithelium macht.

Links oben ist ein Plättchen aus eingetrocknetem Blute ausgewaschenen Fibrins und rechts oben ein Fibrincoagulum aus dem Herzen eines Leichnams verzeichnet.

Gerinnung des Bluts.

In der Gerinnung des Blutes zeigen sich unter verschiedenen physiologischen und pathologischen Zuständen mancherlei Modificationen; so ist zunächst die Dauer, innerhalb welcher die Gerinnung des Bluts eintritt oder vollendet ist, die Gerinnungszeit, ziemlich verschieden. Sehr mannichfache Umstände können darauf einwirken. Starke Bewegung des Bluts, durch Schütteln oder Umrühren hervorgebracht, beschleunigt die Ausscheidung des Fibrins. Denselben Erfolg hat reich-

Gerinnungsdauer.

licher Zutritt von atmosphaerischer Luft oder Sauerstoff; daher gerinnt das Blut in flachen Gefässen schneller als in engen, ferner schneller, wenn es langsam aus der Vene hervortröpfelt, als wenn es in einem Strahle, ohne sehr zu spritzen, ausfliesst; langsamer, wenn es in einem dicken Strahle hervorströmt, als in einem dünnen. Bei Verblutungen gerinnt das zuletzt ausfliessende Blut ausserordentlich schnell. Kohlensäure verzögert das Gerinnen; daher gerinnt das Blut bei Cyanose und bei entzündlichen Processen sehr langsam. Wässrigkeit des Bluts verkürzt die Gerinnungsdauer, Zusatz grösserer Mengen Wasser verzögert sie. Daher gerinnt das wässrige Blut, wie wir es im Allgemeinen bei Frauen, hauptsächlich aber bei Anaemie finden, bei weitem langsamer, als das Blut von Männern oder gesunden Personen. Verlangsamt wird die Gerinnung des Bluts durch Zusatz von verdünnten Lösungen von schwefelsauren, salpetersauren, salzsauren, kohlensauren und essigsauren Alkalien, besonders auch durch Rhodankalium. In grössern Mengen zugesetzt, hindern sie die Gerinnungsfähigkeit des Bluts gänzlich. Chlornatrium zu 7% und phosphorsaures Ammoniak zu 1% dem Blute zugesetzt, heben die Gerinnung vollständig auf, ebenso ätzende Alkalien. Blut, dessen Gerinnung durch hinreichenden Salzzusatz verhindert wurde, kann meistens durch starke Verdünnung mit Wasser noch zum Gerinnen gebracht werden. Milchsaures und buttersaures Ammoniak, phosphorsaures und ameisensaures Natron scheinen dagegen ohne allen Einfluss auf die Gerinnung zu sein. Eine Thatsache ist es endlich noch, dass Zusatz von Eiweiss-, Caseïn-, Gummi- oder Zuckerlösungen zum Blute dessen Gerinnung verzögern. Den Einfluss der Temperatur hat man noch nicht genauer erforscht; man weiss nur soviel, dass Blut, welches vor oder während des Gerinnens gefriert, nach dem Aufthauen so gerinnt, als ob es nicht gefroren gewesen wäre. Wird Blut vor dem Gerinnen stark abgekühlt, jedoch ohne dass es gefriert, so kann das Gerinnen mehrere Stunden lang verzögert werden; die Blutkörperchen senken sich dabei wie gewöhnlich (*Brücke*). Die Menge des Faserstoffs im Blute ist ohne Einfluss auf die Gerinnungszeit. Das Blut im Leichname vom Blitze Erschlagener, Erhängter, durch Asphyxie oder narkotische Gifte oder in Folge von übermässigem Genuss geistiger Getränke oder von ausserordentlichen Anstrengungen Verstorbener (z. B. zu Tode gehetzter Thiere) gerinnt nicht oder nur unvollkommen, dagegen in der Pest und bei durch Vipernbiss Vergifteten sehr schnell.

Consistenz des Blutkuchens.

Auch die Consistenz des Blutkuchens ist sehr verschieden; diese ist nicht etwa in einer chemischen Verschiedenheit des Fibrins begründet, sondern hängt von einigen mechanischen Momenten ab, zunächst von dem Mengenverhältnisse der Blutkörperchen zum Fibrin; ist nämlich die Zahl der Blutkörperchen gering der Menge des Fibrins gegenüber, so zieht sich letztres dichter zusammen; sind die Blutkörperchen sehr überwiegend, so bildet sich eine weichere Placenta. Daher ist der untre Theil jedes Blutkuchens weicher, der obere consistenter,

daher der Blutkucken Chlorotischer klein und fest, der Plethorischer dagegen weich und voluminös. Ferner bedingt Wasserreichthum des Bluts stets einen weichen, oft gallertartigen Blutkuchen, was durch künstlichen Zusatz von Wasser zum Blute ebensowohl als durch die Erfahrungen an hydraemischem Blute erwiesen ist. Kohlensäure und Salze, welche die Gerinnung verzögern, pflegen auch eine weichere Beschaffenheit des Blutkuchens zu bedingen; aus sauerstoffreichem, hellrothem Blute bildet sich ein dichtes, elastisches Coagulum, aus dem kohlensäurereichen Blute Cyanotischer und Asphyktischer ein sehr weiches, gallertartiges.

Form des Blutkuchens.

Die Form des durch die Gerinnung gebildeten Blutkuchens ist zwar an sich von der Hohlform des Gefässes abhängig, in welchem dieser Process vor sich ging; allein es kommen noch einige andre Umstände hinzu, welche auf jene modificirend einwirken. Der Blutkuchen ist nämlich nach der Oberfläche hin sehr oft relativ mehr contrahirt, als nach der Mitte und dem untern Theile hin; er hat dann häufig an der Oberfläche eine dünnere oder dickere Lage dichten Fibrins (die sog. Entzündungscruste, Speckhaut), mit welcher gewöhnlich eine Concavität der obern Fläche, eine schüsselförmige Vertiefung mit übergreifenden Rändern, verbunden ist. Ein entgegengesetzter Fall ist es, wenn neben dem Blutkuchen sich noch ein Sediment rother Blutkörperchen gebildet hat. Diese Erscheinungen sind abhängig von dem Verhältnisse der Gerinnungsdauer des Fibrins zum Senkungsvermögen der Blutkörperchen. Senken sich die Blutkörperchen bald unter das Niveau der Flüssigkeit, ehe das Fibrin sich auszuscheiden beginnt, so wird der obere Theil des geronnenen Fibrins keine rothen Blutkörperchen einschliessen (also weissgrau erscheinen) und sich stärker contrahiren, als der untere blutkörperchenhaltige Theil (daher die schüsselförmige Vertiefung mit übergreifenden Rändern). Haben dagegen bei schneller Gerinnung des Fibrins die Blutkörperchen nur geringes Senkungsvermögen, reihen diese sich nicht rollenförmig auf, so werden sie bei der Contraction des Fibrins zum Theil aus dem Kuchen ausgepresst und bilden dann das erwähnte rothe Sediment.

Speckhaut.

Begünstigt wird die Bildung einer Speckhaut, wenn die oben erwähnten Bedingungen übrigens vorhanden sind, noch durch einige Nebenumstände, so z. B. durch die Form des Gefässes, in welchem das Blut gerinnt; in einem hohen, schmalen Gefässe bildet sich oft eine Speckhaut aus solchem Blute, welches in einem weiten, flachen Gefässe keine solche zeigt. Ferner ist die Menge der Blutkörperchen nicht ohne Einfluss; blutkörperchenarmes Blut (das Schwangerer, Chlorotischer, das des zweiten und dritten Aderlasses) bildet viel leichter eine Cruste, als blutkörperchenreiches (z. B. bei Plethora). Hat eine grosse Menge Fibrin überhaupt Einfluss auf die Bildung der Cruste, so ist dieses Moment doch von sehr untergeordneter Bedeutung.

Das Blut in Entzündungskrankheiten bildet sehr gewöhnlich eine

Cruste; das Venenblut gesunder Pferde erzeugt stets eine solche, das arterielle eine etwas geringere.

Einfluss der Gase,

Ueber die eigentliche Ursache der Blutgerinnung d. h. der spontanen Ausscheidung des Fibrins ist man noch keineswegs völlig im Klaren. Man ist bis jetzt nur zu bestimmten, negativen Resultaten gelangt. Obgleich Sauerstoff oder atmosphaerische Luft eine Beschleunigung und Kohlensäure eine Verzögerung der Gerinnung bedingen, so ist dadurch das Wesen des Aufgelöstseins des Fibrins im kreisenden Blute und seine Ausscheidung im gerinnenden Blute doch nicht zu erklären. Denn das Blut gerinnt in Wasserstoff, Stickstoff und Kohlensäuregas ebenso gut, wie in atmosphaerischer Luft; auch findet beim Gerinnen kein Verlust von Kohlensäure statt. Blut, unmittelbar aus der Arterie oder Vene eines lebenden Thiers in ein mit ausgekochtem Quecksilber gefülltes und durch Erwärmen auch von adhaerirender Luft befreites Glasgefäss geleitet, gerinnt ebensowohl wie bei Luftzutritt (*Brücke*). Luft, in die Blutgefässe eines lebenden Thiers eingeblasen, bewirkt nicht Gerinnung.

der Temperatur,

Höhere Temperatur bedingt auch nicht die Gerinnung; bei 40° C. ebensowohl ausserhalb des Organismus, als innerhalb desselben, wenn Blut aus den Gefässen ausgetreten ist, gerinnt dasselbe; Kälte verzögert nur die Gerinnung, hebt sie nicht durchaus auf.

der Bewegung,

Auch die mangelnde Bewegung ist nicht die Ursache der Gerinnung von ausserhalb des Körpers befindlichem Blut. Bewegung aller Art hält das frische Blut nicht flüssig; dagegen gerinnt das Blut trotz der Bewegung in Blutgefässen lebender Thiere, wenn Drähte oder andre die Bewegung nicht hemmende Gegenstände in jene vorsichtig eingeführt worden sind. Ferner gerinnt aber namentlich das Blut kaltblütiger Thiere nicht, wenn es in das Herz oder die grössern Arterien eines kaltblütigen Thieres eingeführt worden ist, so dass durch Unterbindung das Strömen oder jede Bewegung der Blutflüssigkeit überhaut aufgehoben ist (*Brücke*).

der Blutkörperchen,

Dass die rothen Blutkörperchen eine wesentliche Bedingung der Gerinnung seien, glaubte man früher einmal; jetzt weiss man, dass deren Gegenwart ohne allen Einfluss auf die Ausscheidung des Fibrins ist, da Lymphe, filtrirtes Froschblut und Blutplasma, auf die eine oder die andre Weise blutkörperchenfrei erhalten, ebenfalls gerinnen.

der Gefässwände.

In letzter Zeit sind von *Brücke*[1]) und von *Richardson*[2]) ausgedehnte Untersuchungen über die Gerinnung des Bluts und namentlich deren Ursachen ausgeführt worden. *Brücke* gelangt durch seine sehr exact ausgeführten Versuche zu der Ansicht, dass das Blut in dem Körper wenigstens der kaltblütigen Thiere durch die Einwirkung der Wände des Herzens und der Gefässe flüssig erhalten wird, und dass es gerinnt, sobald es diesen entzogen wird, also durch die Berührung mit jedem andern Körper, ausser der innern Gefässhaut. Obgleich gegen diese Schlussfolgerung an sich manche Thatsachen

---

1) *Brücke*, Virchow's Arch. f. pathol. Anat. Bd. 12, S. 81—100 und 172—196.

2) *Benj. Ward Richardson*, On the cause of the coagulation of the blood. Lond. 1858. John Churchhill.

als Einwand dienen können, so ist damit doch, wie *Brücke* selbst andeutet, eigentlich die nächste bestimmende Ursache des Uebergangs der Fibrins aus dem gelösten in den festen Zustand nicht erklärt. *Brücke* ist übrigens der Ansicht, das Fibrin sei nichts als Albumin, welches durch irgend einen Process (vielleicht durch das Auftreten einer Säure) von den übrigen gelösten Albuminaten abgespalten werde, und führt dafür einige recht interessante Versuche an; allein dieselben dürften doch nur von Neuem beweisen, wieviel und wie grosse Aehnlichkeiten die von uns bisher distinguirten Proteïnkörper unter einander zeigen, wohl aber kaum, dass Fibrin und Albumin vollkommen identisch sind. *Richardson* stellt in seinem ausgedehnten Werke auf Grund sehr zahlreicher, aber leider minder exacter Versuche und Beobachtungen die Hypothese auf, die Gerinnung des Blutes beruhe lediglich darauf, dass das in demselben stets enthaltene Ammoniak entweiche, durch welches allein das Fibrin in Lösung erhalten werde. So manche zum Theil recht schlagend scheinende Gründe für diese Hypothese angeführt sind, so wenig Beweiskraft finden wir doch in ihnen bei einer nähern Prüfung dieser Gründe und anderer das Gerinnen befördernder, verzögernder oder hemmender Umstände.

Mengenverhältnisse des Fibrins im Blute.

Die Menge des Fibrins schwankt im gesunden Blute des Menschen nur wenig um 0,3 %. Eine constante Vermehrung des Fibrins, die bis auf 1,3 % steigen kann, finden wir in allen von Fieber begleiteten Entzündungen; am erheblichsten ist sie im acuten Gelenkrheumatismus; eine auffallende Verminderung des Fibrins findet sich in keiner Krankheit constant, am häufigsten noch im Typhus und Skorbut. Das arterielle Blut pflegt etwas mehr Fibrin zu enthalten, als das venöse, geringer ist seine Menge im Pfortaderblute, sehr gering in dem der Milzvene, ganz fehlt das Fibrin im Lebervenenblute.

Serum.

Das vom Blutkuchen getrennte Serum enthält zuweilen, namentlich in einigen Krankheiten, oft noch einige ungelöste Theilchen suspendirt, die ihm ein milchiges oder wenigstens opalisirendes Ansehen ertheilen; diese Theilchen bestehen etweder aus Fettmolecülen oder aus feinen Körnchen ausgeschiedenen, salzarmen Albumins oder aus farblosen Blutkörperchen.

In diesem suspendirte Theile.

Wassergehalt desselben.

Der Wassergehalt des Serums steht meist in directer Proportion zum Wassergehalte des Gesammtbluts und der Blutkörperchen insbesondere; bei erheblichem Wassergehalt des Serums pflegt auch die Zahl der Blutkörperchen vermindert zu sein; daher der feste Rückstand des Gesammtbluts sich unter solchen Verhältnissen gewöhnlich sehr reducirt; andrerseits bringt es das physikalische Gesetz mit sich, dass ein sehr wässriges Serum auch eine Vermehrung des Wassers in den Blutzellen bedingt.

Das Blutserum erwachsener Männer enthält ungefähr 90,5 % Wasser; durchgängig enthält das der Frauen, besonders in der Schwangerschaft, etwas mehr.

Alle äussern und innern Verhältnisse des thierischen Organismus, welche mit erheblichen Säfteverlusten verbunden sind, ziehen Armuth des Bluts an festen Bestandtheilen und demnach vermehrten Wasserge-

halt nach sich; dasselbe muss bei Entziehung der Nahrung oder gestörter Ernährung der Fall sein; daher wird auch in den meisten Krankheiten das Blut wässriger, ausser im ersten Stadium des Typhus, der Masern, des Scharlachfiebers und der Cholera.

Das Serum des Arterienblutes ist reicher an Wasser, als das der Venen, unter letztern ist das der Pfortader besonders reich an Wasser, das der Lebervene aber ärmer, als selbst das der Arterien.

Das Blut der Amphibien enthält mehr Wasser, das der Vögel weniger als das der Säugethiere.

Albumin.

Der Hauptbestandtheil des Blutserums ist das Albumin. Dieser Stoff ist es, aus welchem alle andern Proteïnstoffe, ja vielleicht alle stickstoffhaltigen Gewebe bei der thierischen Stoffmetamorphose gebildet werden. Die Albuminmengen schwanken im normalen Blute zwischen 6,3 und 7,0 % (im normalen Blutserum zwischen 7,9 und 9,8 %). In den meisten Krankheiten ist der Albumingehalt des Serums mehr oder weniger vermindert; vermehrt ist er nur bei intermittirenden Fiebern und in der Cholera gefunden worden. Während der Verdauung nimmt übrigens der Albumingehalt des Blutes erheblich zu. Das arterielle Blutserum enthält weniger Albumin als das venöse, ärmer noch daran ist das der Pfortader, sehr reich dagegen das der Lebervenen.

Das Blut der Menschen enthält durchschnittlich mehr von diesem Stoffe als das der meisten Säugethiere.

Caseïn.

Ob Caseïn ein constanter Bestandtheil normalen Blutserums sei, dürfte den bisherigen Untersuchungen nach noch zu bezweifeln sein. Es kommt im Serum allerdings eine Substanz vor, die viel Aehnlichkeit mit Caseïn hat und daher Serumcaseïn genannt wurde; allein man kann sie mit gleichem Rechte für ein alkali- und salzarmes Albumin halten.

Dieses Serumcaseïn ist einigen Beobachtern zufolge im Blutserum Schwangerer und in dem der Placentargefässe erheblich vermehrt.

Fette.

Die Fette des Serums bestehen weniger aus Stearin, Margarin und Elaïn als aus Stearin-, Margarin- und Oelsäure und Cholesterin; das, was man früher Serolin nannte, ist ein Gemeng des krystallisirbaren Theils genannter Fette. Im Aetherextracte des Serums überwiegen überhaupt die krystallisirbaren Fette, während die der Blutkörperchen mehr ölig und gelbgefärbt sind. Phosphorhaltige in Aether lösliche Materien, die in den Blutzellen vorkommen, fehlen im Serum. Der Gehalt des Blutserums an Fett ist ziemlich variabel, doch fehlt es an sorgfältigen Bestimmungen desselben. Während der Verdauung wird das Blut stets fettreicher. In Krankheiten scheinen die gewöhnlichen Fette abzunehmen, während das Cholesterin zunimmt. Das Blutserum der Frauen ist durchschnittlich reicher an Fett als das der Männer. Das Blut der Arterien enthält weniger Fett als das der Venen; unter letztern ist das der Pfortader am reichsten an solchem.

Krümelzucker.

Ein constanter Bestandtheil des Blutserums ist auch der Krümelzucker. Seine Mengen sind jedoch unter gewöhnlichen Verhält-

allein immer bleibt sie höchst unzuverlässig, da ihr Princip unrichtig ist.

Bestimmung der coagulirbaren Bestandtheile der Blutkörperchen.

Gestützt auf die Erfahrung, dass die Blutkörperchen aus mit schwefelsaurem Natron oder salpetersaurem Kali versetztem Blute das Filter weniger leicht durchdringen, glaubte man in der Anwendung einer gesättigten Glaubersalzlösung auf das Blut (1 Vol. Blut mit 8 Vol. Lösung gemischt) ein Mittel gefunden zu haben, die Menge des trocknen Rückstandes der Blutkörperchen zu bestimmen: allein ganz abgesehen davon, dass es nur selten gelingt, auf diese Weise die Blutzellen abzufiltriren, ohne dass nicht ein Theil derselben durch das Filter geht, abgesehen ferner davon, dass in manchem Blute von Thieren oder in Krankheiten durch jene Salze gar keine solche Scheidung erzielt wird: so bestimmt man hier nur einige coagulirbare Bestandtheile der Blutkörperchen (denn die von Salzlösung durchdrungenen Körperchen können von jenen Salzen nur durch Lösung und Coagulation getrennt werden), verliert aber sämmtliche Salze und nicht coagulirbare organische Materien der Blutzellen.

Bedingungsgleichungen zu einer Berechnung der Menge der Blutkörperchen.

C. Schmidt hat daher neuerdings andre Wege eingeschlagen, um wenigstens indirect zu annähernden Bestimmungen der Menge und der Zusammensetzung der Blutkörperchen im Blute zu gelangen. Da man schon aus dem Vergleiche der Analysen der Placenta und des Serums eines und desselben Bluts ersieht, dass auf den festen Rückstand des Blutkuchens immer mehr Kaliverbindungen und Phosphate kommen als Chlor- und Natronverbindungen, während das Serum fast nur letztere enthält, so kann man annehmen, dass im Blutkuchen eine dem Natron oder Chlor entsprechende Menge Serum eingeschlossen gewesen sei und darnach die Berechnung der den Blutkörperchen zukommenden Bestandtheile ausführen. Allein da wenigstens aller Wahrscheinlichkeit nach die Blutkörperchen nicht völlig frei von Natrium und Chlor sind, so kann die Berechnung, ohne eine allzu ungefähre zu werden, sich nicht auf diesen Punkt allein stützen.

Differenz in der Menge und Qualität der im Blutkuchen und Serum enthaltenen Salze.

Mikrometrische Messungen der frischen und eingetrockneten Blutkörperchen und des zwischen den Blutkörperchen enthaltenen Serums.

C. Schmidt suchte daher noch durch mikrometrische Bestimmungen die Grösse des Wassergehalts des Bluts einerseits und andrerseits das Volumen vom Blutkuchen eingeschlossenen Serums zu ermitteln. Er fand, dass das Blutkörperchen unter dem Mikroskop beim Eintrocknen ungefähr 68 bis 69 % seines Volumens verliert, also 32 bis 31 % fester Stoffe enthält und ferner, dass in 100 Vol. bestcontrahirten Blutkuchens noch ungefähr 20 Vol. Serum eingeschlossen sind; also $\frac{4}{5}$ des Vol. vom Blutkuchen würden den Blutzellen angehören.

Wer mit derartigen mikroskopischen und volumetrischen Messungen einigermaassen vertraut ist, wird nicht verkennen, dass diese Bestimmungen auf sehr grosse Zuverlässigkeit keinen Anspruch machen können: allein indem man alle diese drei Bedingungsgleichungen zusammenfasst, kann man hoffen, einen wenigstens ziemlich annähernden Werth für das noch vom Blutkuchen eingeschlossene Serum und dem-

nach für die Menge und Bestandtheile der Blutkörperchen zu finden. Durch auf diese Bestimmungen begründete Berechnungen hat sich herausgestellt, dass man bei der unmittelbaren Blutanalyse die erste der hier erwähnten Methoden anwenden kann, und dass man die darnach gefundene Zahl der genannten trocknen Blutkörperchen nur mit 4 zu multipliciren braucht, um wenigstens sehr annähernd die Menge der frischen Blutzellen und demnach des vom Blutkuchen eingeschlossenen Serums zu bestimmen. Kennt man aber die Menge des eingeschlossenen Serums, so sind natürlich leicht die den Blutkörperchen zukommenden Bestandtheile zu berechnen.

Berechnungsweise.

Auf eine möglichst genaue Zählung der in einem gemessenen Volumen frischen Blutes und eine gleiche Zählung mit bestimmter Menge Serum verdünnten Blutes nebst Vergleichungsanalysen beider Flüssigkeiten ist in neuerer Zeit von *Vierordt* in einer Reihe mit seltner Ausdauer und Genauigkeit durchgeführten Untersuchungen der Entwurf zu einer Methode der Blutanalyse begründet worden.

Zählung der Blutkörperchen.

Es ist sehr leicht begreiflich, dass, wenn wir dem Blute eine lösliche Substanz zuzusetzen vermöchten, welche sich bloss im Serum auflöste und, der Endosmose unfähig, in das Innre der Blutzellen nicht einzudringen vermöchte, man den einfachsten und sichersten Weg einschlagen würde, um die Menge des im Blutkuchen eingeschlossenen Serums zu berechnen; denn man brauchte, wenn man die Menge der zugesetzten Substanz bemerkt hätte, nur den Gehalt des Serums einerseits und des Blutkuchens andrerseits an dieser Substanz zu bestimmen, um zu wissen, wie viel Serum noch im Blutkuchen enthalten sei; nach Abzug dieser Zahl und der Menge des Faserstoffs hätte man die Quantität der feuchten Blutzellen. Man hat in der That sich zuweilen geschmeichelt, solche Substanzen gefunden zu haben: allein bis jetzt kennen wir noch keine Materie, für welche die Hüllenmembran der Blutzellen undurchdringlich wäre und wahrscheinlich giebt es auch keine, welche endosmotische Strömungen zwischen Zelleninhalt und Intercellularflüssigkeit absolut ausschlösse.

Möglichkeit einer ziemlich directen Berechnung der Menge der in einem Blute enthaltenen Körperchen.

Hoppe hat jüngst eine sehr gute Methode zur Berechnung der feuchten Blutkörperchen empfohlen; leider ist dieselbe nur in seltnen Fällen anwendbar; sie beruht zunächst auf der Gewinnung einer gewissen Menge blutkörperchenfreien Plasmas. In letzterem wird das Fibrin bestimmt; ausserdem ermittelt man den Fibringehalt des Gesammtblutes; und es ist nun leicht ersichtlich, dass wenn man das Verhältniss des Fibrins zum Plasma oder Serum kennt und das desselben zum Gesammtblute, sich daraus leicht die absolute Menge des Plasmas des Bluts und somit die Gewichtsmenge der feuchten Blutkörperchen berechnen lässt.

Die Bestimmungsweisen der andern Bestandtheile des Bluts sind theils in der Zoochemie bereits ausführlich mitgetheilt, theils lehrt sie die allgemeine analytische Chemie.

Bestimmungsweisen andrer Blutbestandtheile.

Berücksichtigen wir die Verschiedenheit der Constitution des Bluts

Verschiedenheiten der Constitution des Bluts unter verschiednen physiologischen Bedingungen.

unter verschiedenen physiologischen Kategorien, so kann Folgendes als bis jetzt festgestellt angesehen werden:

Einfluss des Geschlechts,

Rücksichtlich der Verschiedenheit des Geschlechts gilt Folgendes: Das Blut der Frauen ist etwas lichter roth gefärbt, als das der Männer, es ist specifisch leichter, entwickelt mit Schwefelsäure einen weniger intensiven Schweissgeruch, enthält mehr Wasser, weniger Blutkörperchen; da demnach das Serum im Frauenblute überwiegend ist, so wird es mehr Albumin und feste Fette als das Männerblut enthalten. Das Serum des Frauenblutes enthält weniger Salze als das des Männerbluts; wogegen im Gesammtblute der Frauen mehr Salze als in dem der Männer enthalten sind.

der Schwangerschaft,

In der Schwangerschaft ist das Blut dunkler gefärbt, hat ein geringeres specifisches Gewicht, da es reicher an Wasser und ärmer an Blutkörperchen ist, als Blut Nichtschwangerer; das Fibrin ist nur relativ vermehrt; daher kleinerer Blutkuchen mit oberflächlicher Fibrinschicht; das Serum enthält weniger Albumin; das sog. Serumcaseïn ist vermehrt.

des Lebensalters,

Das Blut der Kinder ist reich an festen Bestandtheilen, besonders an Blutkörperchen, ärmer an Fibrin und Salzen, reicher an Extractivstoffen als das Blut Erwachsener.

Im höhern Alter wird das Blut ärmer an festen Bestandtheilen, namentlich an Blutkörperchen und Albumin; das Cholesterin soll darin zunehmen.

der Verdauung,

Während der Verdauung wird das Blut reicher an festen Bestandtheilen; besonders nehmen die farblosen Blutzellen zu; der Faserstoff pflegt langsamer zu gerinnen; es ist reicher an Fett, daher das Serum oft trübe; übrigens sind Blutkörperchen, Albumin, Fett und Salze gleichmässig in Zunahme.

des Hungerns oder starker Säfteverluste.

Nach längerm Hungern, beeinträchtigter Ernährung oder starken Säfteverlusten erhält das Blut eine ziemlich analoge Mischung; die Blutkörperchen nehmen nämlich ab; das Plasma wird wässriger, ärmer an Albumin und andern organischen Bestandtheilen, dagegen reicher an Salzen. Es ist ein durch viele Erfahrungen erwiesener Satz, dass der Verlust des Bluts an Albumin durch correspondirende Mengen von Salzen ersetzt wird.

Constitution des Bluts bei Thieren; bei Säugethieren,

Unter den Säugethieren enthalten die Omnivoren am meisten Blutkörperchen, und demnach ist ihr Blut am reichsten an Eisen und an Phosphaten; auch enthält es am meisten Fibrin und feste Serumbestandtheile, indessen weniger Salze als das Blut andrer diaetetischer Kategorien. Das Blut der Carnivoren ist reicher an Blutkörperchen und Fett als das der Herbivoren.

bei Vögeln,

Das Blut der Vögel ist ebenso reich an Blutkörperchen als das der Omnivoren und enthält mehr Fibrin und Fett, dagegen weniger Albumin als das der Säugethiere. Das Blut aller kaltblütigen Thiere ist

ärmer an Blutkörperchen und reicher an Wasser als das aller andern Vertebraten.

bei Amphibien,

Auch das Blut der **Wirbellosen**, der Insecten, Crustaceen, Mollusken u. dgl. enthält Zellen (farblose), eine fibrinähnliche spontan gerinnende Substanz und Eiweiss; das Blut selbst ist weiss, gelblich, oft auch bläulich. Das Blut der Helix pomatia wird an der Luft besonders durch Zuleiten von Sauerstoff blau, durch Kohlensäure wieder farblos; wogegen das Blut einiger Cephalopoden (Loligo und Eledone) durch Sauerstoff nicht gefärbt, durch Kohlensäure aber intensiv blau wird; auch Aether und Alkohol machen das Blut letztgenannter Thiere blau (*E. Harless* und *v. Bibra*). Das Blut von Sepien und Oktopus ist nach *H. Müller* und *Schlossberger* graulich blau, das von Limulus Cyclops nach *Genth* weissblau bis himmelblau, das von Unio pictorum (*E. Witting*) nur von äusserst schwachem, bläulichem Anfluge, das der Krebse völlig farblos. Das Blut dieser Thiere enthält auch erhebliche Mengen Chlornatrium, ganz wie das der höhern Thiere, dagegen weit weniger Eisen und Alkaliphosphate, sehr viel Erden; das der Krebse enthält nicht geringe Mengen Kali (*Genth*), das mehrerer Cephalopoden kaum Spuren (*Schlossberger*); überhaupt sind im Blute dieser Thiere im Verhältniss mehr Mineralstoffe, als in dem höherer Thiere gefunden worden. Auffällig ist endlich der Kupfergehalt solchen Blutes, welcher in Cancer vulgaris, Cancer pagurus, Eledone, Acanthias, Sepion und Oktopus, Helix pomatia, Limulus Cyclops, Unio pictorum von *Déchamp*, *v. Bibra* und *E. Harless*, *H. Müller*, *Schlossberger*, *Genth* und *E. Witting* constatirt worden ist.

in verschiedenen Gefässen.

Betreffend die Verschiedenheit des Bluts **verschiedener Gefässe** ist Folgendes ermittelt: In den rothen Zellen des Arterienblutes sind weniger feste Bestandtheile und besonders weniger Fett enthalten als in denen des Venenbluts, dagegen relativ mehr Haematin und Salze. Das Plasma des Arterienblutes enthält mehr Fibrin und Wasser, dagegen relativ weniger Albumin und absolut weniger Fett und Extractivstoffe als das Plasma des Venenbluts.

Arterienblut und Venenblut.

Pfortaderblut.

Das Pfortaderblut ist im Vergleich mit dem Jugularvenenblute ärmer an Blutzellen und an festen Bestandtheilen überhaupt; die Blutkörperchen erscheinen unter dem Mikroskop oft fleckig, verzerrt und zackig, sind reicher an Haematin und ärmer an Haematokrystallin, enthalten aber doppelt so viel Fett als die Körperchen aus Jugularvenenblute; die Menge des Fibrins ist geringer, dasselbe schliesst viel Fett ein; das Serum enthält bei weitem weniger Albumin, dagegen mehr Fett, Extractivstoffe und Salze; Zucker höchstens in Spuren.

Lebervenenblut.

Das Lebervenenblut enthält bei weitem mehr feste Bestandtheile als das Blut jedes andern Gefässes; es ist sehr reich an Blutkörperchen, farblosen wie farbigen; letztre werden von Wasser nur wenig verändert; sie sind ärmer an Haematin, Fett und Salzen; das Plasma dieses Bluts enthält kein Fibrin, weniger Albumin und Fett und weit weniger Salze, als das Blut andrer Gefässe; dagegen enthält es so viel Extractivstoffe und relativ so wenig Wasser, dass seine festen Bestandtheile höher gefunden werden als die jedes andern Bluts. Durch einen reichlichen Gehalt an Zucker ist dieses Blut ausgezeichnet.

Milzvenenblut. Das Blut der Milzvene ist durchschnittlich etwas wässriger als Jugularvenenblut; es enthält sehr viel farblose Blutkörperchen in verschiedenen Grössen und Formen, sehr wenig Fibrin; besonders zeichnet sich dieses Blut aber durch einen Gehalt an Leucin, Hypoxanthin, zwei eisenhaltigen Pigmenten, Essigsäure, Ameisensäure und Milchsäure und im Plasma gelöstem Eisen aus.

Menstrualblut. Das Menstrualblut enthält kein Fibrin und verhältnissmässig wenig feste Bestandtheile (16%).

Placentarblut. Das Blut der Placentargefässe enthält wenig Fibrin und Albumin, aber verhältnissmässig viel Serumcaseïn.

Blut in Krankheiten, bei Entzündungen, Entzündliche Krankheiten bedingen am constantesten eine mehr oder weniger erhebliche Vermehrung des Fibrins; dasselbe pflegt mit dem Grade und der Dauer der Entzündung zuzunehmen; die Blutkörperchen nehmen gewöhnlich nur in geringem Grade ab; das Albumin des Serums vermindert sich, besonders bei erheblichen Exsudaten; die Salze bleiben sich ziemlich gleich; die Fette, namentlich Cholesterin, nehmen etwas zu.

acuten Exanthemen, In acuten Exanthemen nehmen die Blutzellen ab, das Serum wird dichter, die Salze sind darin in grössrer Zunahme als die organischen Stoffe.

Plethora, In der sog. Plethora sind die Blutkörperchen vermehrt, Fibrin normal, Albumin nur wenig über das normale Mittel.

Chlorose, In der Chlorose bildet das Blut beim Gerinnen einen kleinen festen Kuchen, oft mit Speckhaut neben klarem Serum; Blutkörperchen mehr oder weniger vermindert; Constitution des Plasma gewöhnlich normal.

Dysenterie, Bei Dysenterien wird das Blut ärmer an Körperchen, das Fibrin ist wenig vermehrt, das Albumin des Serums nimmt ab, die Salze zu.

Cholera, In der Cholera wird das Blut ausserordentlich dicht und zäh, die Blutkörperchen relativ vermehrt, die Salze derselben vermindert; das Serum ärmer an Wasser und Salzen, relativ reicher an Albumin; es enthält übrigens meist auch Harnstoff in nachweisbaren Mengen.

Brightscher Krankheit, Anaemie, Uraemie, In der Bright'schen Krankheit nimmt das Blut den Charakter an, den es, wie oben erwähnt, nach starken Säfteverlusten zu haben pflegt (bei sog. Anaemie); oft findet sich auch der Harnstoff im Blute sehr vermehrt; ein Theil desselben zersetzt sich zuweilen in kohlensaures Ammoniak (bei sog. Uraemie). Im gelben Fieber hat man, wie in der Cholera, sehr viel Harnstoff im Blute gefunden.

Typhus, Im Typhus findet man in den ersten 8 Tagen das Blut wie bei Plethora, später fast ebenso wie bei Anaemie.

Puerperalfieber, Beim Puerperalfieber pflegt die Verminderung der Blutkörperchen sehr erheblich zu sein; das Fibrin ist (bei gleichzeitiger Peritonitis) sehr vermehrt, aber gallertartig und weich, gewöhnlich eine Cruste bildend; die festen Bestandtheile des Serums sehr vermindert, Extrac-

tivstoffe vermehrt. Zuweilen findet man in solchem Blute Gallenpigment, nicht allzuselten sogar freie Milchsäure.

Blut bei

Bei Pyaemie ist der Faserstoff vermindert, die farblosen Blutzellen sehr vermehrt.

Pyaemie,

Bei Leuchaemie ist das Blut blassroth, oft mit weisslichen Streifen versehen, überreich an farblosen Zellen scheidet beim Gerinnen wenig alkalisches Serum ab; solches Blut enthält Glutin, eiweissartige, eisenhaltige und phosphorhaltige Stoffe, Hypoxanthin, Ameisensäure, Essigsäure und Milchsäure (*Scherer*).

Leuchaemie,

Von der Constitution des Blutes bei Carcinom weiss man noch nichts weiter, als dass das Fibrin einigen Beobachtungen nach sehr vermehrt ist.

Carcinom,

Diabetisches Blut hat ausser einem reichlichern Zuckergehalte dieselbe Zusammensetzung, wie normales Blut.

Diabetes,

Skorbut, Tuberculose, Skrophulose, chronischer Rheumatismus und Arthritis sind noch so vage Bezeichnungen krankhafter Zustände, dass den unter solchen Verhältnissen ausgeführten Blutanalysen, auch wenn sie zahlreicher und exacter angestellt wären, kein besondrer Werth beizulegen ist.

in andren krankhaften Zuständen.

Chylus.

Physikalische Eigenschaften.

Diese thierische Flüssigkeit ist während der Verdauung (namentlich nach Fettgenuss) fast milchweiss, im nüchternen Zustande nur opalisirend, oft gelblichweiss bis blassröthlich gefärbt, von schwachem Geruche und fadem Geschmacke, von schwach alkalischer Reaction. Wie das Blut gerinnt der Chylus 9 bis 10 Minuten, nachdem er dem Thierkörper entzogen wurde; das nach 2 bis 4 St. vollständig contrahirte Gerinnsel ist im Verhältniss zum Serum gering, sehr weich, oft nur gallertartig; das gelbe Coagulum färbt sich an der Luft gewöhnlich lichtroth. Das Chylusserum bleibt immer trüb und opalisirend, durch Aether wird es klarer, von Essigsäure oft getrübt; beim Kochen scheidet es gewöhnlich kein dichtes, käsiges Coagulum aus, sondern wird nur milchweiss von suspendirten Molecülen geronnenen Albumins.

Gewinnung.

Chemisch untersuchbare Mengen von Chylus kann man sich nur aus dem Ductus thoracicus verschaffen, am besten, wenn man unmittelbar nach Tödtung des Thieres (welches einige Stunden vorher gefressen hat) die Brusthöhle öffnet und den Gang an seiner Einmündungsstelle in die Vena subclavia unterbindet; aus dem sorgfältig praeparirten Milchbrustgange erhält man dann die grösste Menge möglichst blutfreien Chylus.

Morphotische Bestandtheile.

An morphotischen Elementen ist der Chylus sehr reich; hauptsächlich findet man darin feine Molecularkörnchen, Klümpchen zusammengetretener Körnchen oder nucleusartige Bildungen, cytoïde

Körperchen mit einfachem oder mehrtheiligem Kern (Chyluskörperchen) und Fetttröpfchen; farbige Blutkörperchen finden sich nur sehr vereinzelt im Chylus des Milchbrustganges.

Chemische Bestandtheile: Die chemischen Bestandtheile des Chylus sind fast dieselben, wie die des Blutes.

Fibrin. Das Fibrin des Chylus contrahirt sich gewöhnlich nur wenig, bleibt gallertartig und ist daher in Salzlösungen leichter löslich, als das dichtcontrahirte Blutfibrin; seine Menge ist weit geringer als im Blute.

Albumin. Das Albumin des Chylus ist alkalireicher; es gerinnt daher nicht in grössern Flocken und Klumpen, wird durch Essigsäure theilweise gefällt und beim Abdampfen der unvollkommen coagulirten Flüssigkeit bilden sich auf deren Oberfläche Häute. Seine Menge im Chylusserum ist viel geringer als im Blutserum.

Caseïn. Caseïn ist als Bestandtheil des Chylusserums behauptet, aber nicht bewiesen worden.

Fette. Der Gehalt des Chylus an Fetten, die nur zum Theil verseift sind, ist je nach der Beschaffenheit der Nahrung höchst verschieden.

Zucker. Zucker ist im Chylus nur nach stärkmehlreicher Nahrung und selbst dann nur in Spuren nachzuweisen.

Gallenbestandtheile. Gallenbestandtheile gehen unter normalen Verhältnissen wenigstens nicht als solche in den Chylus über.

Extractivstoffe. An sogenannten Extractivstoffen ist der Chylusrückstand reicher als der Rückstand des Blutserums.

Alkalien. Sehr reich ist der Chylus an Alkalien; die theils an Albumin, Fettsäuren und Milchsäure gebunden sind, theils an Phosphorsäure und Chlor.

Rhodanverbindungen, schwefelsaure Salze und Salmiak sind im Chylus nicht nachweisbar. Ob Eisen im Chylusserum enthalten sei, ist noch eine Streitfrage.

Mineralstoffe. Die Mineralbestandtheile des festen Chylusrückstandes betragen ungefähr 12%, worunter 9 bis 10 Th. löslicher Salze.

Einfluss der Nahrung auf die Constitution des Chylus. Der Einfluss der Nahrung auf die Constitution des Chylus zeigt sich in folgender Weise: beim Hungern oder bei dürftiger Nahrung ist der Chylus etwas ärmer an festen Bestandtheilen und namentlich an Fett. Nach animalischer Nahrung wird der Chylus nur dann milchweiss von Fett, wenn jene fettreich war.

Da der von den Darmzotten gesammelte Chylus in den Mesenterialdrüsen in die innigste Berührung mit der Blutflüssigkeit kommt, so erleidet er schon durch den Austausch seiner Bestandtheile mit denen des Blutes auf seinem Wege zum Ductus thoracicus mancherlei Veränderungen, die aber leider fast nur mikroskopisch nachweisbar sind. Fibrin scheint erst in den Mesenterialdrüsen im Chylus aufzutreten; nach der Cisterna chyli hin vermehrt sich der Gehalt an Albumin und festen Bestandtheilen überhaupt, nur das freie Fett verschwindet theil-

weise, indem es theils verseift wird, theils in die sich mehrenden morphotischen Elemente übergeht.

Die Quantitäten in bestimmten Zeiten in das Blut übergehenden Chylus lassen sich nur in höchst ungefährer Weise bestimmen oder berechnen. Man hat directe Bestimmungen versucht, indem man lebenden oder eben getödteten Thieren den Ductus thoracicus am Halse öffnete und den ausströmenden Chylus sammelte, oder Berechnungen angestellt, begründet auf Vergleiche der aufgenommenen Albuminate oder Fette mit dem Gehalte des Chylus an solchen Stoffen. Nach den neuesten Forschungen nimmt man an, dass die in 24 St. aus dem Milchbrustgange in die Vena subclavia tretende Flüssigkeitsmenge etwa ebensoviel beträgt, als die gesammte Blutmasse des Körpers, d. h. $1/8$ vom Gewichte des letzteren.

Im Organismus erzeugte Quantitäten von Chylus.

Lymphe.

Physikalische Eigenschaften.

Diese Flüssigkeit ist farblos oder schwach gelblich, gewöhnlich etwas opalisirend, von schwachsalzigem, fadem Geschmacke und alkalischer Reaction; sie gerinnt 4 bis 20 Minuten nach der Entleerung des Lymphgefässes, bildet dann ein gallertartig zitterndes, farbloses Gerinnsel, welches sich sehr allmälig contrahirt, so dass die Placenta im Verhältniss zum Serum sehr zurücktritt.

Gewinnung.

Man hat sich zur chemischen Untersuchung meist solcher Lymphe bedient, die in Folge von Verwundungen spontan ausfloss. Am leichtesten verschafft man sich Lymphe vom Frosche, wenn man die Oberhaut am Oberschenkel einschneidet und ein Stück abpraeparirt.

Morphotische Bestandtheile.

An morphotischen Elementen findet man in der Lymphe ausser Fetttröpfchen kernähnliche Bildungen und hauptsächlich cytoïde Körperchen (die sog. Lymphkörperchen); nur in den Lymphgefässen der Milz und in der Lymphe ausgehungerter Thiere hat man Blutkörperchen gefunden.

Chemische Bestandtheile.

Die chemischen Bestandtheile der Lymphe kommen fast ganz mit denen des Bluts überein nach Abzug der den rothen Blutkörperchen eigenthümlichen Stoffe.

Die Menge des Fibrins in der Lymphe ist verglichen mit der des Blutplasmas sehr gering: so ist auch die Menge des Albumins relativ geringer, die der Salze jedoch relativ grösser.

Im Ganzen enthält die Lymphe aber weit weniger feste Bestandtheile als das Blutplasma. Fett ist in der Lymphe meist in verseifter Form enthalten, aber in geringer Menge.

Die Extractivstoffe sind in der Lymphe in grössrer Menge als im Blutserum enthalten, unter diesen sind Harnstoff, Milchsäure u. s. w. verborgen. Bemerkenswerth ist noch, dass man Ammoniaksalze mit Be-

stimmtheit in der Lymphe nachgewiesen hat, und so auch praeformirte Sulphate in nicht geringen Mengen.

Transsudate.

Begriffsbestimmung.

Unter Transsudaten fassen wir alle jene thierischen Flüssigkeiten zusammen, welche, wenn sie auch durch Reihen von Zellen hindurchtreten müssen, sich doch nur als flüssige unmittelbar aus den Capillaren ausgetretene Blutbestandtheile darstellen.

Unterscheidung von Secreten und Exsudaten.

Von den Secreten im engern Sinne des Worts unterscheiden sie sich hauptsächlich dadurch, dass sie eben nur Bestandtheile des Blutplasmas enthalten, während in den Secreten entweder diesen ganz eigenthümliche Bestandtheile enthalten sind, oder gewisse sonst spärlicher vorkommende Stoffe in grösserer Menge angehäuft sind; von den Exsudaten aber dadurch, dass sie frei von Blutkörperchen sind und keinen morphotischen Entwicklungen unterliegen.

Theile des Körpers, in welche am häufigsten Transsudate ergossen werden.

Die Transsudate werden normaler und abnormer Weise in das Parenchym der Organe, in die offenen und geschlossenen Höhlen des Thierkörpers und selbst auf die Hautoberfläche ergossen. Hieher gehören also die Absonderungen aller serösen Häute, der Humor aqueus des Auges, blutzellenfreies Wundsecret, der Inhalt durch Vesicantia entstandener Hautblasen u. s. w.

Bedingungen der Transsudation.

Der Durchtritt von Wasser und einigen Bestandtheilen des Liquor sanguinis durch die Wände der Capillaren ist als das Resultat physikalischer Nothwendigkeit zu betrachten, bedingt durch die Penetrabilität der Capillargefässwände, durch die Schnelligkeit der Bewegung des Bluts in denselben und durch die physische und chemische Beschaffenheit des in den Haargefässen strömenden Bluts.

Je nach der Verschiedenheit eben genannter Bedingungen werden die Transsudate auch eine verschiedene Constitution haben; dabei werden sie aber dieselben chemischen Bestandtheile wie das Blutplasma, nur in verschiedenen Proportionen, enthalten; ihre physikalischen Eigenschaften stimmen daher auch im Allgemeinen mit denen der Blutflüssigkeit überein; mögen sie normal oder abnorm und excessiv sein, so sind sie farblos, durchsichtig, von fadem, schwach salzigem Geschmacke, alkalischer Reaction und durchgängig geringerm specifischen Gewicht, als das Blutplasma.

Physikalische Eigenschaften.

Morphotische Bestandtheile.

Morphotische Bestandtheile treten in den Transsudaten sehr zurück; Epithelialgebilde, Molecularkörnchen und cytoïde Körperchen sind nur zufällige Bestandtheile derselben. Rothe Blutkörperchen können ohne partielle Zerreissung der Haargefässe nicht füglich in das Transsudat übergehen; finden sich solche, so haben wir es nicht mehr mit dem einfachen Transsudationsprocesse zu thun.

Chemische Bestandtheile.

In die Transsudate geht niemals das gesammte Plasma des Bluts als solches über; da bei dem Durchtreten der Flüssigkeit durch die Capillarwände ein Plasmabestandtheil leichter hindurchgeht, als der andre, Wasser aber am leichtesten dieselben durchdringt, so muss der Erfolg immer der sein, dass das Transsudat weit weniger feste Bestandtheile enthält als der Liquor sanguinis. Da nun thierische Häute von den löslichen Salzen und den sog. Extractivstoffen der Blutflüssigkeit leichter durchdrungen werden als von Albumin, von Albumin aber wiederum leichter als von Fibrin: so finden wir in den Transsudaten immer mehr Salze im Verhältniss zum Albumin als in dem Plasma, und Fibrin nur in äusserst geringen Mengen oder gar nicht.

Fibrin.

Das **Fibrin**, welches in den normalen Transsudaten gänzlich vermisst wird, kommt in jenen excessiven Ausscheidungen der serösen Häute vor, die man Hydrops fibrinosus genannt hat. Dieses Fibrin bildet meist ein lockres, gallertartiges Gerinnsel, ist übrigens mit dem Blutfibrin völlig identisch; seine Menge im Transsudate ist aber stets weit geringer als im Blutplasma.

Albumin.

Gleich dem Fibrin ist auch das **Albumin** der Transsudate kein andres, als das, welches im Blute enthalten ist; oft wird aber ein Theil des Transsudatalbumins durch Essigsäure gefällt und durch Kochen nur unvollständig ausgeschieden, so dass sich beim Abdampfen der Flüssigkeit caseïnähnliche Häute auf derselben bilden; wir wissen, dass diese Eigenschaften dem Natronalbuminat zukommen; sie beweisen also nur, dass in dem Transsudate mehr basisches Albuminat enthalten ist als im Blute.

Mengen des Albumins, abhängig

Die Mengen des Albumins in den Transsudaten sind ausserordentlich verschieden, ja in dem Humor aqueus, im Fruchtwasser, in der Hirnhöhlen- und Rückenmarksflüssigkeit scheint es gänzlich zu fehlen. Man hat versucht, für diese Verschiedenheit des Gehalts der Transsudate an Albumin gewisse Bedingungen zu ermitteln.

von dem Systeme von Capillaren, denen das Transsudat entsprossen.

Zunächst scheint die Albuminmenge abhängig zu sein von dem Systeme von Capillaren, denen das Transsudat entspross. Zwar ist dieser Satz nur durch wenige Untersuchungen bisher festgestellt worden: allein die vorliegenden Thatsachen sprechen doch dafür, dass unter gleichen Bedingungen verschiedene Capillarsysteme verschiedene Albuminmengen durchtreten lassen. Die Flüssigkeit der Hirnhöhlen enthält darnach das wenigste Albumin (ungefähr 0,5 %), die des Peritonaeums weit mehr (1,0 %) und die der Pleura am meisten (1,8 %). Man darf aber deshalb nicht glauben, dass unter verschiedenen Verhältnissen die Albuminmenge des Transsudates einer und derselben Haargefässgruppe immer an dieselbe Zahl gebunden sei, sondern nur wenn unter gleichen Bedingungen in mehreren serösen Häuten excessive Transsudate entstehen, zeigt sich eine und dieselbe Proportion zwischen den Albuminmengen der Transsudate verschiedener Capillargruppen.

Ein andrer Satz, der sich aus den bis jetzt vorliegenden Thatsachen

Albuminmenge abhängig von der Schnelligkeit des Blutlaufs in der Haargefässgruppe,

abstrahiren lässt, ist der, dass, je langsamer der Blutlauf in den Capillaren ist, desto reicher das Transsudat an Albumin. So findet sich z. B. in Peritonaealtranssudaten mehr Albumin, wenn sie von grossen Geschwülsten herrühren, als wenn z. B. durch Leberleiden mit Contraction des Leberparenchyms u. s. w. eine mindere Störung des Blutlaufs im Unterleibe verursacht wird. Daher findet man auch bei acutem Hydrocephalus im Transsudate mehr Albumin als bei chronischem.

und von dem Albumingehalte des Bluts.

Der Albumingehalt des Transsudats ist immer auch vom Albumingehalte des Blutes abhängig; je ärmer das Blut an Albumin wird, desto geringer ist auch die Menge des Albumins im Transsudate; daher bei Bright'scher Krankheit, wo dem Blute durch die Nieren so viel Albumin verloren geht, auch die Transsudate sehr arm an diesem Stoffe werden. Alle hydropischen Transsudate, die auf Störungen im Blutlaufe beruhen, sind deshalb reicher an Albumin als solche, die von Hydraemie, d. h. grossem Wassergehalte des Bluts, herrühren.

Caseïn.

Wahrhaftes C a s e ï n ist auch in den Transsudaten noch nicht nachgewiesen worden.

Extractivstoffe.

Dass die E x t r a c t i v s t o f f e in den Transsudaten in grösserer Menge, als im entsprechenden Blutplasma, enthalten sind, ist schon oben erwähnt; hinzuzufügen ist, dass ältere Transsudate z. B. bei Hydrops saccatus, weit mehr von jenen Materien zu enthalten pflegen, als frische Durchschwitzungen. Durchschnittlich bleiben die Extractivstoffe aber in den Transsudaten eine höchst variable Grösse.

Fette.

An verseifbaren und verseiften F e t t e n enthalten die Transsudate wenig mehr, als der entsprechende Liquor sanguinis; doch scheint auch die Haargefässgruppe, der das Transsudat entsprossen, von Einfluss auf dessen Fettgehalt zu sein; wenigstens ist die Flüssigkeit der Capillaren der Hirnhäute, des Perikardiums und des Unterhautbindegewebes sehr arm daran.

Cholesterin.

C h o l e s t e r i n kommt gewöhnlich in grösserer Menge in diesen Flüssigkeiten vor als Fette und fettsaure Salze, ja zuweilen (namentlich bei Hydrocele) finden sich solche Mengen Cholesterin in alten Transsudaten, dass die Flüssigkeit einem Brei von Cholesterinkrystallen gleicht.

Gallenbestandtheile.

Die s t i c k s t o f f h a l t i g e n S ä u r e n d e r G a l l e sowie G a l l e n p i g m e n t finden sich nur in Transsudaten bei gleichzeitigem Leberleiden.

Zucker.

Z u c k e r ist hauptsächlich in den normalen Transsudaten bei Diabetes gefunden worden.

Harnstoff.

H a r n s t o f f findet sich immer in Transsudaten, da dieser fast leichter noch als die Salze aus dem Blute diffundirt; hat man ihn doch selbst im Humor aqueus gefunden. Dass er in den Transsudaten bei Bright'scher Krankheit, wo er im Blute schon in nachweisbaren Mengen gefunden wird, sich auch in grösserer Quantität vorfinden wird, liess sich erwarten.

Dass in den Transsudaten auch Hippursäure, Kreatin, Kreatinin u. dergl. vorkommen, ist wahrscheinlich, jedoch noch nicht speciell

erwiesen. Auch milchsaure Salze sind in den normalen Transsudaten noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen worden.

Es ist bereits oben erwähnt, dass die Salze (die löslichen) unter den Bestandtheilen des Liquor sanguinis am leichtesten transsudiren, und dass sie deshalb im Verhältniss zu den organischen Bestandtheilen in grössrer Menge in den Transsudaten gefunden werden: allein immer ist ihre Quantität in letzteren geringer als im Blutplasma aus dem einfachen Grunde, weil das Wasser des Bluts in noch weit höherm Grade transsudirt, als jene löslichen Salze. Wässriges Blut ist, wie oben gezeigt wurde, stets salzreicher als normales; je salzreicher nun das Blut ist, desto mehr Salze finden sich auch im Transsudate; doch ist der Salzgehalt des Transsudats immer etwas geringer als der des Plasmas. Diese Regel erleidet nur eine Ausnahme, wenn viel Blutbestandtheile, namentlich Albumin (bei Brightscher Krankheit), durch die Nieren abgehen; denn dann kann im festen Rückstande des Transsudats die Menge der Salze die der organischen Stoffe überwiegen.

Die Absonderungen der Darmcapillaren und

Ob die Darmcapillarabsonderungen, wie sie sich nach drastischen Laxanzen oder in der Cholera zeigen, mit zu den einfachen Transsudaten zu rechnen seien, ist sehr fraglich, da hier wenigstens ganz andre physikalische Gesetze obzuwalten scheinen; denn hier steht die Beschaffenheit des Plasmas gerade im umgekehrten Verhältnisse zu der des Transsudats als bei den oben erwähnten Transsudationsprocessen. Während wir nämlich dort die Transsudate entstehen sahen, indem das Blutplasma gleichzeitig wässriger, reicher an Salzen und ärmer an Albumin wurde, finden wir hier, dass das Blut weit ärmer an Wasser, ärmer an Salzen, aber reicher an Albumin wird.

der Choroïdalplexus bilden keine wahren Transsudate.

Wie in der Intercellularflüssigkeit des Bluts, überwiegen auch in den Transsudaten die Chlor- und Natriumverbindungen bedeutend über die andern löslichen Salze des Bluts. Nur die Transsudate der Choroïdalplexus der Hirnhöhle machen hiervon eine Ausnahme, denn in diesen praevaliren Phosphate und Kaliumverbindungen; die Flüssigkeit der Hirnhöhlen ist daher auch nicht zu den Transsudaten (im engern Sinne des Worts) zu rechnen.

Ammoniaksalze.

Ammoniaksalze sind in normalen und frischen Transsudaten nicht nachweisbar; nur bei Harnstoffgehalt des Bluts und Transsudats pflegt in letzterm auch etwas Ammoniak gefunden zu werden.

Gase.

Wie alle thierischen Flüssigkeiten ohne Ausnahme enthalten die Transsudate auch Gase und zwar Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff in nachweisbaren, wiewohl geringen Mengen aufgelöst.

Milch.

Physikalische Eigenschaften.

Die Milch aller Säugethiere ist weiss (bald mit einem geringen Stich ins Bläuliche, bald ins Gelbliche), wenig durchscheinend, geruchlos,

von schwach süsslichem Geschmacke, meist alkalischer Reaction; specifisches Gewicht zwischen 1,028 und 1,045.

Rahmung.

Bekannt ist, dass die Milch, wenn sie einige Zeit in Ruhe steht, an ihrer Oberfläche eine fettreichere, gelbe Schicht, den Rahm, absetzt, während die darunter befindliche Flüssigkeit bläulich weiss und specifisch schwerer wird. Beim Kochen gerinnt die Milch nicht, bildet aber auf ihrer Oberfläche eine von Fetttröpfchen durchsetzte Haut geronnenen Caseïns. Die Milch fleischfressender Thiere so wie selbst vorsichtig angesäuerte Milch von Herbivoren, endlich auch das Colostrum gerinnen beim Kochen. Bringt man die Milch einige Zeit lang bei mittlerer Temperatur mit der Schleimhaut des Magens von Kälbern (Lab genannt) zusammen, so gerinnt sie, mochte sie alkalisch oder sauer reagiren. Schon beim blossen Stehen unter Luftzutritt bei gewöhnlicher Temperatur wird die alkalische Milch allmälig sauer und scheidet endlich ein Caseïncoagulum aus.

Gerinnung.

Reaction.

Die Milch von Frauen ist durchgängig alkalisch, zuweilen neutral, nur in manchen krankhaften Fällen sauer (*Elsässer*, *Rattenmann*), die Kuhmilch ist öfter alkalisch als sauer (*Rueff*), Stutenmilch viel öfter alkalisch, als sauer, Schafmilch ebenso oft sauer, als alkalisch oder neutral (*Rueff*); die Milch von Hunden und Katzen stets sauer (*Rueff, Dumas, Bensch*), die der Eselinnen alkalisch (*Péligot*), die Milch neugeborner Kinder stark alkalisch (*Gubler* und *Quévenne*).

Morphotische Bestandtheile.

Die Milch stellt sich unter dem Mikoskop als eine klare Flüssigkeit dar, in welcher eine Unzahl Fetttröpfchen, die sogenannten Milchkügelchen, suspendirt erscheinen; die Grösse derselben schwankt gewöhnlich zwischen 0,0012 und 0,0018‴, indessen kommen einzelne grössere und kleinere vor. Dass diese Fettkügelchen von einer besondern Hüllenmembran umgeben sind, lässt sich theils daraus schliessen, dass sie unter dem Mikroskop, wenn etwas Essigsäure zur Milch gesetzt wird, vielfach verzerrt werden, ja ein kleineres Fetttröpfchen heraustreten lassen, theils auch daraus, dass durch Schütteln mit Aether die Milch ihre emulsive Beschaffenheit nicht verliert, während sie, war z. B. etwas Aetzkali (welches jene Hüllenmembran auflöst) zugesetzt worden, durch Schütteln mit Aether (der alles Fett in sich aufnimmt) durchsichtig und fast wasserhell wird.

Milchkügelchen.

Colostrumkörperchen.

Die Colostrumkörperchen, Corps granuleux, unregelmässige, durch eine amorphe albuminöse Substanz zusammengehaltene Coglomerate von Fettkörnchen, von 0,0063 bis 0,0232‴ Durchmesser, ohne Kern und ohne besondre Hüllenmembran, kommen nicht bloss im Colostrum (bis zum 3. und 4. Tage nach der Geburt, zuweilen selbst bis zum 20sten) vor, sondern treten immer auch auf, sobald die Milchsecretion durch irgend einen krankhaften Zustand gestört wird.

Epithelialzellen, Schleimkörperchen, Faserstoffgerinnsel, Blutkörperchen, Infusorien (Vibrio bacillus) oder Byssus (blaue Milch) sind sel-

tene, nur zufällige oder durch krankhafte Affectionen der Brustdrüse bedingte Beimengungen.

Chemische Bestandtheile.

Die chemischen Bestandtheile der Milch sind folgende:

Caseïn.

Obgleich das Caseïn der Frauenmilch beim Gerinnen durch Lab gewöhnlich ein viel lockreres, gallertartiges Coagulum bildet, als die Kuhmilch, so ist doch das des Menschen, der Kuh und der Hunde allen Erfahrungen nach identisch. Die Angaben über den Caseïngehalt der Milch verschiedner Thiere sind sehr verschieden; theils weil man sehr verschiedene Methoden zur Bestimmung des Caseïns verwendet hat, theils weil die Milch allerdings je nach der Art aufgenommener Nahrung, der Menge secernirter Flüssigkeit u. s. w. einen sehr verschiedenen Caseïngehalt besitzt. An Caseïn findet sich in normaler Frauenmilch 3,1 bis 3,5%, im Colostrum gegen 4,0%, in der Milch der Kuh 3 bis 4% in der der Ziege 4,5 bis 6,3%, in der des Esels nur 2%, in der des Hundes aber 8,3 bis 13,6%. Nach dem Genusse von Fleisch findet sich mehr Caseïn in der Milch als bei vegetabilischer Kost. (Vergl. S. 181).

Fette.

Die Fette sind nur in der Kuhmilch genauer untersucht worden. Das reine Milchfett ist fast farblos, kaum schwach gelblich, erstarrt, wenn es geschmolzen war, bei + 26°,5, erhöht aber beim Erstarren seine Temperatur auf + 32°; es besteht ungefähr aus 68% Margarin, 30% Elaïn und 2% eines Fettgemengs, welches bei der Verseifung oder durch Ranzigwerden Buttersäure, Capronsäure, Caprylsäure und Caprinsäure liefert (zuweilen bildet sich auch anstatt Buttersäure und Capronsäure Vaccinsäure). Neuern Untersuchungen nach (*Heintz*) besteht auch das feste Fett der Butter, welches man bisher einfach als Margarin ansah, aus vier verschiedenen neutralen Fetten, welche bei der Verseifung vier feste sich durch C_4H_4 unterscheidende Fettsäuren liefern, nämlich Myristinsäure, $C_{28}H_{28}O_4$, Palmitinsäure, $C_{32}H_{32}O_4$, Stearinsäure, $C_{36}H_{36}O_4$ und Butinsäure. $C_{40}H_{40}O_4$ (vergl. S. 39 f.).

In der Frauenmlich hat man 2,5 bis 4,3% Fett gefunden, in der Kuhmilch durchschnittlich 4,5%, in der Stutenmlich 6,95%, in der Eselsmilch 1,25%, in der Schaf- und Ziegenmilch 4%, in der Hundemilch 11%; im Colostrum der Frauen 5%, in dem der Kuh 2,6%.

Ein auffallender Umstand ist, dass die zuerst aus Brüsten oder Eutern entleerten Parthien Milch viel ärmer an Fett sind als die später auslaufenden.

Dass die Natur der Nahrungsmittel Einfluss auf den Fettgehalt der Milch hat, geht aus mehrern Erfahrungen hervor, indessen ist derselbe noch nicht speciell nachgewiesen.

Eine Thatsache ist es ferner, dass in Krankheiten der Fettgehalt der Milch abnimmt.

Milchzucker.

Milchzucker (vergl. S. 146) findet sich in der Frauenmilch zwischen 3,2 bis 6,2%. in der Kuhmilch 3,4 bis 4,3%, in der der Eselinnen 4,5%, der der Stuten 8,7%, der der Ziegen und Schafe 4,3%;

die Milch der Hündinnen enthält bei animalischer Kost oft nur Spuren von Milchzucker. Das Colostrum der Frauen enthält gegen 7% Milchzucker.

Salze.

Die Salze der Milch bestehen hauptsächlich aus Chlornatrium, Chlorkalium und phosphorsauren Alkalien, Kalk und Talkerde; hierzu kommt noch das Alkali, an welches das Caseïn gebunden ist. Schwefelsaure Salze und Ammoniaksalze fehlen in der Milch gänzlich. In der Asche der Milch überwiegt gewöhnlich die Zahl der unlöslichen Phosphate über die aller löslichen Salze. Man hat übrigens darin auch immer etwas Eisenoxyd gefunden und auch eine Spur Fluor nachgewiesen.

In der Frauenmilch sind 0,04 bis 0,09% löslicher Salze enhalten, in der Kuhmilch neben 0,21% löslichen 0,28% unlösliche Salze, in der Hundemilch bei Fleischkost 0,45% lösliche und 0,57% unlösliche Salze.

Milchsäure.

Milchsäure (vergl. S. 60) findet sich in alkalischer Milch niemals; die saure Reaction mancher Milch mag oft (z. B. bei Fleischfressern) von saurem phosphorsauren Alkali herrühren.

Albumin.

Albumin ist in der Milch nur bei entzündlicher Affection der Brustdrüsen nachgewiesen worden, wenn nicht auch der coagulirbare Bestandtheil des Colostrums hieher zu rechnen ist.

Aus dem Gerinnen der Milch in der Hitze darf man noch nicht auf Gegenwart von Albumin schliessen; denn der Inhalt der Milchcanäle ausser der Säugungsperiode, das Colostrum der Kühe und die Milch der Hunde scheiden beim Erhitzen ein Gerinnsel aus, welches mit Albumin keineswegs identisch ist.

Harnstoff.

Harnstoff ist nur bei Bright'scher Krankheit in der Milch gefunden worden.

Uebergang fremder Stoffe in die Milch.

Dass Iodkalium in die Milch übergehen kann, ist erwiesen; betreffs des Uebergangs andrer Substanzen liegen noch keine guten Untersuchungen vor.

Rohrzucker und Krümelzucker gehen als solche nicht in die Milch über; sie werden in der Brustdrüse stets in Milchzucker umgewandelt (*v. Becker, Cl. Bernard*). Vergl. S. 146.

Analyse der Milch.

Rücksichtlich der Analyse der Milch ist nur hervorzuheben, dass es zur genauen Bestimmung des Fettgehalts nicht ausreicht, die Milch abzudampfen und mit Aether zu extrahiren, da letztrer aus solchem Milchrückstande niemals alles Fett auszieht; deshalb ist jene Methode (*Haidlen*) zu empfehlen, wornach die Milch vor dem Abdampfen mit einer bestimmten Quantität schwefelsauren Kalks versetzt wird; dieser hat zugleich den Vortheil, das Caseïn zu praecipitiren und das sonst beim Abdampfen der Milch unvermeidliche Blasenwerfen und Spritzen zu vermeiden; der Rückstand trocknet auch viel schneller aus.

Abgesonderte Mengen von Milch.

Dass die körperliche Constitution, das Temperament, die Nahrung und andre äussere Verhältnisse von entschiedenem Einflusse auf die Absonderungsgrösse der Milch sind, braucht kaum erwähnt zu wer-

den. Einigen Versuchen nach vermag eine gesunde stillende Frau in 24 St. durch beide Brüste ungefähr 1300 grm. Milch zu entleeren. Eine Kuh liefert durchschnittlich in 24 St. 6 Klgrm. Milch. Eine stillende Frau würde also in 24 St. auf 1000 grm. ihres Körpergewichts ungefähr 22 grm., eine Kuh nur 10,4 grm. Milch secerniren.

Sperma.

Physikalische Eigenschaften.

Die Samenflüssigkeit, der ausser dem eigentlichen Absondrungssafte der Hoden das Secret der Prostata, der Samenbläschen und der *Cowper*'schen Drüsen beigemengt ist, bildet eine schleimige, klebrige, opalisirende, farblose Masse, wird nur beim Eintrocknen etwas gelblich, ist von eigenthümlichem Geruche, erheblich schwerer als Wasser, neutral oder schwach alkalisch; frisch ist sie gallertartig, wird aber nach einiger Zeit dünnflüssig, bildet mit Wasser ein schleimiges Sediment; Alkohol coagulirt sie, nicht aber Siedehitze.

Gewinnungsweise.

Man gewinnt die Samenflüssigkeit gewöhnlich aus dem Vas deferens oder den Samenbläschen brünstiger Thiere; indessen reichen die so gesammelten Mengen nur zu mikrochemischen Untersuchungen aus. Zur chemischen Untersuchung des Spermas hat man sich des aus den Hoden von Thieren ausgepressten Saftes bedient.

Morphotische Bestandtheile. Samenfäden.

Die eigenthümlichsten Formelemente des fruchtbaren Spermas sind die sog. Samenfäden, Spermatozoïden; sie bilden bei verschiedenen Thieren ziemlich ähnliche, wiewohl unterscheidbare Formen; sie bestehen aus einem runden, ovalen oder birnförmigen Knopfe, von welchem ein langer allmälig spitz zugehender glatter Faden ausläuft. Beim menschlichen Samenfaden hat der Knopf 0,0007 bis 0,0013‴ Breite und 0,0019 bis 0,0025‴ Länge, der Faden eine Länge von 0,018 bis 0,020‴. Die Samenfäden werden durch Fäulniss nur schwer zerstört; nur durch concentrirte Lösungen kohlensaurer Alkalien aufgelöst; sie bestehen aus einer Proteïnsubstanz; diese hinterlässt beim Einäschern sehr viel Asche, welche reich an phosphorsauren Salzen ist; ausserdem enthalten sie etwa 4% eines weichen, butterartigen Fettes.

Im reinen Samen haben die Samenfäden keine Bewegung; nur wenn jener mit andern Flüssigkeiten in Berührung kommt, treten die eigenthümlichen schlängelnden Bewegungen der Fäden ein; daher ist in den Samenbläschen, im ejaculirten oder künstlich verdünnten Samen, nur jene Bewegung zu beobachten. Die Bewegungen der Samenfäden hängen nicht bloss von endosmotischen, sondern gewiss auch von chemischen Bedingungen ab.

Die Samenfäden enthalten übrigens so viel Mineralstoffe, dass nach *Valentin* bei vorsichtigem Einäschern die Asche derselben noch die ursprüngliche Form der Fäden zeigt. *O. Beckmann* hat jüngst ein Concrement aus petrificirten Samenfäden gefunden und untersucht.

Samenkörnchen.

Ausser den Samenfäden findet man im Sperma noch folgende Formelemente: Epithelien, Prostata- und Schleimkörperchen und fein granu-

lirte, blasse, scharf contourirte Molecüle, sog. Samenkörnchen, von 0,0016 bis 0,0100''' Grösse.

Samenflüssigkeit.

Die diese Formelemente umspülende Flüssigkeit, welche zum grössten Theil von den Cowper'schen Drüsen, den Samenbläschen und der Prostata herrührt, gelatinirt nach der Entleerung; der gelatinirende Stoff, Spermatin, ähnelt mehr dem Schleime als dem Fibrin; beim Kochen gerinnt er nicht, durch Eintrocknen wird er in Wasser unlöslich, durch verdünnte Alkalilösung aufgelöst, durch concentrirte Alkalien aber wieder praecipitirt; durch Essigsäure wird er gefällt, im Ueberschuss derselben aber wieder aufgelöst; in concentrirter Salpetersäure ist er löslich.

Spermatin.

Salze.

Unter den Salzen des Sperma finden sich phosphorsaurer Kalk und phosphorsaure Talkerde in überwiegender Menge, ausserdem aber viel Chlornatrium und auch phosphorsaure Alkalien.

Diagnose des Samens.

Zur Erkennung des Samens in zweifelhaften Fällen dient am besten das Mikroskop, da die Samenfäden sich im Harn so wie beim Eintrocknen ziemlich lange erhalten; beim vorsichtigen Aufweichen eingetrockneten Samens, Abschaben desselben von dem Gewebe, auf dem er sich befand, und Umrühren in Wasser erhält man immer noch unveränderte Samenfäden unter dem Mikroskop.

Samenflecke.

Samenflecke auf Leinwand oder anderm Zeug unterscheiden sich von allen ähnlichen Flecken auch dadurch, dass sie 1 bis 2 Minuten lang mässig erhitzt, fahlgelb werden.

Eiflüssigkeiten.

Unter dieser Bezeichnung fassen wir zunächst das zusammen, was über die Bestandtheile der unbebrüteten Eier von Vögeln und Fischen bekannt ist, um dann unsre immerhin spärlichen Kenntnisse über die Entwicklung dieser Eier beim Bebrüten und die der Säugethiere in bereits fortgeschrittenem Stadium ihrer Ausbildung während des Foetallebens kurz zu bezeichnen.

Dotterflüssigkeit. Physikalische Eigenschaften.

Die Dotterflüssigkeit der Vögel und der Fische bildet eine zähe, dicke, wenig durchscheinende, bald gelbroth, bald schwefelgelb gefärbte Flüssigkeit, ohne Geruch, von schwachem, aber eigenthümlichem Geschmacke; mit Wasser gemengt bildet der Dotter eine weisse, emulsive Flüssigkeit, bläut geröthetes Lakmus, erstarrt beim Kochen zu einer leicht zerreiblichen Masse, wird in kaltem Alkohol coagulirt, giebt beim Schütteln mit Aether an letzteren nur röthlich oder bernsteingelbgefärbtes Fett ab, während eine weisse, zähe Masse sich ausscheidet.

Morphotische Bestandtheile.

Unter dem Mikroskop erblickt man ausser dem Keimbläschen zwischen äusserst feinen, nicht messbaren Körnchen Dotterkügelchen und *Fetttropfen* von der verschiedensten Grösse; letztere zeichnen sich

meist durch eine minder intensiv gelbe Farbe aus; die *Dotterkügelchen* sind von einer Hülle umgeben, die mit Körnchen bestreut erscheint. Lässt man Salmiak oder andre Alkalisalze auf die Dotterflüssigkeit einwirken, so verschwinden die in der Flüssigkeit suspendirten *Körnchen* gänzlich, zurück bleiben glänzende, scharf contourirte Fettkugeln neben den verzerrten, oval oder gurken- oder spindelförmig gewordenen Dotterzellen; an letztern erkennt man noch eine fein granulirte Hülle. Auch verdünnte Essigsäure verzerrt die Dotterzellen, ohne jedoch die suspendirten Molecularkörnchen aufzulösen.

Dotterkügelchen.

In den Eiern der Fische und Amphibien findet man durch das Mikroskop auch noch die sog. *Dotterplättchen*, Täfelchen meist von quadratischer Form, oft geschichtet. Diese sind kein Fett, da sie in Alkohol und Aether unlöslich sind, von Salpetersäure gelb gefärbt werden und in andern Säuren aufquellen und in einzelne Stücke zerfallen.

Dotterplättchen.

Dass diese Plättchen aus einer albuminösen Materie bestehen, hat bereits *Virchow* erwiesen, *Radlkofer* diess bestätigt und ihre krystallinische Natur dargethan (s. oben S. 190). *Valenciennes* und *Frémy* fanden diese Plättchen zu verschiedenen Zeiten der Entwicklung der Eier verschieden und auch bei verschiedenen Thieren nicht ganz gleich; ausser dem oben (S. 190) erwähnten Ichthin und Ichthidin haben sie z. B. in den Eiern der Testudo Emys noch ein Emydin, in denen der Fische noch ein Ichthulin unterschieden.

Soviel wir bis jetzt über die sphaerischen, zellenartigen Körper des Dotters wissen, bestehen diese hauptsächlich aus Fett und enthalten vorzugsweise phosphorhaltiges Fett (Glycerinphosphorsäure?) und das Dotterpigment.

Chemische Bestandtheile:

Die Menge der Hüllenmembranen der Dotterkügelchen beträgt ungefähr 0,5% des Dotters.

Die feinen Molecularkörnchen der Dotterflüssigkeit sind nichts weiter als alkaliarmes Casein, welches von Alkalisalzen sehr leicht aufgelöst wird. Seine Menge beträgt ungefähr 14% der Dotterflüssigkeit.

Casein.

Wahrhaft aufgelöst ist in der Dotterflüssigkeit alkaliarmes Albumin, dessen Menge jedoch nur gegen 3% beträgt.

Albumin.

Vitellin nannte man früher das im Dotter enthaltene Gemenge von Casein und Albumin (vergl. S. 181).

Vitellin.

Genau erforscht sind die Fette des Dotters noch nicht; hauptsächlich bestehen sie aus Margarin und Elaïn, neben diesen kommt auch ein Körper vor, welcher seines hohen Schmelzpunktes und seiner Krystallform wegen (rhombische Tafeln) gewöhnlich für *Cholesterin* gehalten worden ist, allein mit diesem nicht identisch zu sein scheint (s. oben S. 131, Fig. 34): ausser diesen hat man noch einen zähen, leimartigen Körper, das *Lecithin* und *Cerebrin*, ebenfalls noch nicht genau untersuchte Stoffe, unterschieden; aus letztrem Stoffe mag sich die im Eidotter nachweisbare *Glycerinphosphorsäure* bilden.

Fette.

Lecithin und Cerebrin.

Die Menge aller durch Aether aus dem Dotterrückstande extrahirbaren Stoffe beträgt ungefähr 30% der Dotterflüssigkeit.

Farbstoffe.

Die Farbstoffe des Dotters sind noch nicht genauer untersucht; man weiss nur, dass ein gelbes und ein rothes Pigment darin vorkommt und dass das eine oder das andere eisenhaltig ist.

Mineralstoffe.

Unter den Mineralstoffen des Eidotters sind die Kaliumverbindungen und Phosphate überwiegend; Chlor und Natrium finden sich in der Dotterasche nur in höchst geringen Mengen. Die Asche enthält allein 67 bis 70% Phosphorsäure; daher die darin enthaltenen Phosphate einbasische sind. An anorganischen Materien sind im Eidotter 1,5% enthalten.

Verhältniss des Dotters zum Wasser.

Der Wassergehalt des Dotters frischer Eier ist ziemlich wechselnd; er schwankt zwischen 48 und 55%.

Die Hühnereier enthalten durchschnittlich 15,2 grm. Dotter und 23,9 grm. Weisses.

Die Fischeier, welche keine Eiweisshülle besitzen, enthalten dieselben Bestandtheile wie die Hühnereier und sogar in ziemlich gleicher Proportion.

Eiweiss.

Das Eiweiss (Albumen) der Hühnereier ist unter dem Mikroskop keineswegs amorph; man findet darin ausser den Chalazen und ganz amorphen Zellhäuten hie und da in 3 und mehr Spitzen auslaufende Körperchen oder Aggregate höchst feiner Nadeln (aus Fett bestehend). Jene Zellhäute bedingen hauptsächlich die gallertartige Beschaffenheit des Albumens.

Albumin.

Das Albumin des Eiereiweisses ist grösstentheils an Natron gebunden; die Menge desselben beträgt ungefähr 12,5% des frischen Eiweisses.

Jene Aggregate von Nadeln sind Margarin; neben diesem findet sich im Eiweiss auch Elaïn, so wie ölsaures und margarinsaures Natron.

Auch Krümelzucker wird im Eiweiss unbebrüteter wie bebrüteter Eier gefunden; seine Menge beträgt 0,5 bis 1,0%.

G. Meissner fand den Gehalt des trocknen Rückstandes von Eiereiweiss an Zucker = 8%.

Dass der Zucker der Eier weder Milchzucker (wie man früher glaubte) noch auch Lactose ist, davon kann man sich durch die S. 146 f. angegebenen Methoden leicht überzeugen.

Mineralbestandtheile.

Unter den Mineralbestandtheilen des Albumens sind die löslichen Salze überwiegend, während bei der Dotterasche das umgekehrte Verhältniss stattfindet. An Chlormetallen findet man in der Asche über 50%; Phosphate kommen nur in geringer Menge vor, so auch Kaliumverbindungen; das Natron ist zum Theil auch an Kohlensäure gebunden. Etwas Kieselsäure findet sich im Albumen so gut wie im Dotter; auch soll nach *Nicklès* etwas Fluor darin vorkommen. Frisches Eiweiss enthält durchschnittlich 0,66% Mineralstoffe.

Der Wassergehalt des Albumens schwankt zwischen 82 und 88%.

Eischale.

Die Schale der Eier der Vögel und Amphibien besteht grösstentheils aus kohlensauerm Kalk (bis zu 97%), wenig phosphorsauerm Kalk, Spuren von Talkerde und sehr wenig organischer Materie.

Wicke wies neuerdings nach, dass die verschiedene Färbung der Vogeleier meistens von verschieden modificirtem Gallenpigment herrühre, welches die Eier erst in der Cloake aufnehmen.

Rücksichtlich der bei der Entwicklung des Vogeleis während des Bebrütens entstehenden chemischen Veränderungen ist wenig sicheres bekannt.

Nach *Prout* verliert das Hühnerei in den ersten 8 Tagen der Bebrütung 5%, in den ersten 14 Tagen 13% an Gewicht.

Amniosflüssigkeit der Vögel.

Die Amniosflüssigkeit 9 Tage lang bebrüteter Vogeleier ist blassgelb, nicht fadenziehend, wenig Eiweiss enthaltend, von alkalischer Reaction; nach 14tägigem Bebrüten enthält sie soviel Albumin, dass sie beim Erhitzen fest wird und reagirt noch alkalisch, nach 17tägigem Bebrüten ist sie noch dicker und zäher geworden (*Prevost* und *Le Royer*).

Allantoïsflüssigkeit der Vögel.

Die Allantoïsflüssigkeit der Vögel ist im Anfange der Bebrütung sehr klar und enthält kein Albumin, nach 14tägigem Bebrüten wird sie trübe von ausgeschiedener Harnsäure, nach 17tägigem Bebrüten wird sie undurchsichtig, gelbweiss, schwach sauer, enthält Harnstoff und scheidet noch mehr Harnsäure ab (*Jacobson*, *Prevost* und *Le Royer*).

Ei der Säugethiere.

Was das *Ei der Säugethiere* betrifft, so hat man dieses nur im Stadium einer bereits ziemlich vorwärts geschrittenen Entwicklung der chemischen Untersuchung unterwerfen können und hierbei sein Augenmerk zunächst auf die Amnios- und Allantoïsflüssigkeit des Menschen und einiger Haussäugethiere gerichtet. Im Betreff der letzterwähnten Objecte fussen die folgenden Thatsachen hauptsächlich auf den neuern Untersuchungen von *Schlossberger*[1]) und *Majewski*[2]).

Amniosflüssigkeit von Säugethieren.

Die Amniosflüssigkeit ist bei Embryonen von Schafen und Schweinen stets klar und farblos, bei denen von Kühen ist sie diess nur in den ersten Lebenszeiten, wird später gelblich, schleimig, trüb, reagirt aber immer alkalisch.

Sie ist arm an festen Bestandtheilen, mit der Ausbildung der Frucht nehmen diese jedoch zu von 0,55 bis 1,9%. Diese Zunahme erstreckt sich ebensowohl auf die anorganischen als die organischen Bestandtheile.

Albumin ist constant darin (zu 0,1 bis 0,2%) enthalten, nimmt

1) *Schlossberger*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 96, S. 67—75 und Bd. 103, S. 193—199.

2) *Majewski*, de substant. etc. Diss. inaug. Dorpat. 1858.

Amniosflüssigkeit von Säugethieren.

aber gegen Ende des Foetallebens, namentlich beim Menschen, erheblich ab, ja schwindet ganz; dafür treten aber pyin- und mucinähnliche Stoffe in grosser Menge auf; eigentliches Caseïn und Fibrin werden dagegen nicht gefunden.

Zucker ist nur in der Amniosflüssigkeit von Herbivoren gefunden worden, in der von Schweinen höchstens Spuren, in der von Menschen auch nicht eine Spur. Die Menge dieses Stoffs wächst bis zu Ende des Foetallebens, bei Schafembryonen von 0,06 bis 0,19%, bei Kuhembryonen von 0,1 bis 0,3%.

Harnstoff, ein nie fehlender Bestandtheil des Inhalts des Amnion, nimmt ebenfalls mit dem Alter des Foetus zu von 0,2 bis 0,4%.

Die Mineralstoffe, vorzüglich aus Phosphaten, löslichen und unlöslichen, und Chlornatrium bestehend, nehmen, wie erwähnt, mit dem Alter des Foetus zu (von 0,14 bis 0,75%); ihr Verhältniss zu den organischen Stoffen ist in dem Amnion der Kühe ziemlich constant = 1 : 1,5.

Allantoïsflüssigkeit von Säugethieren.

Die Allantoïsflüssigkeit der Säugethiere ist im Ganzen von der Amniosflüssigkeit nicht so verschieden, wie physiologische Voraussetzungen es erwarten liessen. Auch sie ist in den ersten Zeiten des Foetallebens farblos, wird aber mit der Zeit gelb bis rothgelb; bei Kühen und Schafen ist sie klar, bei Schweinen dagegen stets trübe; auch reagirt sie fast immer alkalisch. Eiweiss ist in ihr nicht enthalten.

Ihre festen Bestandtheile nehmen mit der Entwicklung des Foetus zu von 0,65 bis 3,83%.

Auch diese Flüssigkeit enthält Zucker und dessen Menge nimmt bis zur Geburt fortwährend zu, bei Schafembryonen von 0,24 bis 0,67% bei Kuhembryonen von 0,56 bis 0,65%. Die Allantoïsflüssigkeit enthält also 2 bis 3mal mehr Zucker als die des Amnion.

Ebenso ist der Harnstoff in doppelter Menge in der Allantoïsflüssigkeit enthalten; mit der Entwicklung des Embryo wächst er auf 0,4 bis 0,8%.

Der Gehalt an Allantoïn ist nicht genau bestimmt worden (s. S. 92 f.).

Die Mineralstoffe, welche aus löslichen und unlöslichen Phosphaten, Chlornatrium und Sulphaten bestehen (in denen der Schweinsallantoïs findet sich auch Eisen und kohlensaurer Kalk, der an einen Proteïnkörper gebunden war), betragen mehr als in der entsprechenden Amniosflüssigkeit; auch sie nehmen mit dem Alter des Foetus zu beim Schafe von 0,184 bis 0,876%, bei der Kuh bis 1,073%. Das Verhältniss dieser Stoffe zu den organischen ist bei den Schafen durchschnittlich = 1 : 2, bei den Kühen = 1 : 2,5.

Das Vorkommen von Zucker in der amniotischen Flüssigkeit kann jetzt weniger Wunder nehmen, seit *Cl. Bernard* (vergl. S. 151) das Glykogen in eigenthümlichen Zellen bei Nagethieren an der Placenta in der Nähe der Insertion des Nabelstrangs, bei andern Thieren in be-

sondern hie und da über dem Amnion ausgebreiteten Zellenhaufen gefunden hat.

Uterinmilch.

Die Uterinmilch der Wiederkäuer (d. i. das Secret gewisser Drüsen auf der Innenfläche des Uterus bicornis dieser Thiere, an welchen die Cotyledonen haften) wurde von *Schlossberger*[1]) untersucht; er erkannte in ihr eine rahmähnliche Flüssigkeit, welche weder Caseïn (noch Fibrin) noch Zucker enthielt, wohl aber Albumin, von schwach saurer Reaction. Er fand darin 9,5% Albumin nebst zelligen Gebilden und extractartigen Materien 1,5% Fett und 0,7% Mineralstoffe, die aus sauren Alkali- und Kalkphosphaten, wenig Chlornatrium und etwas Eisen bestanden.

Wharton'sche Sulze. Foetales Bindegewebe.

Die Gelatina Whartoniana, so wie das foetale Bindegewebe geben beim Kochen keinen Leim, sondern beim Anrühren mit Wasser eine alkalische mucinhaltige Flüssigkeit (s. Mucin S. 189 und Schleim S. 250).

Wasser und Fettgehalt von Foetalorganen.

Der Foetus ist bei verschiedenen Thierclassen wasserreicher als das bereits einige Zeit luftathmende Thier (*Scherer*, *Bauer*, *v. Bezold*); auch alle einzelnen Organe sind reicher an Wasser im Foetus (*Schlossberger*), das wasserärmste Organ im Foetus ist das *Blut* (*Schlossberger*); Leber, Milz und Thymus enthalten nächst dem Blute noch am meisten feste Bestandtheile, am wenigsten Lungen und Gehirn (*Schlossberger*).

Das Blut des Foetus ist sehr schwach alkalisch oder neutral, enthält kein Fibrin oder nur Spuren eines sehr langsam gerinnenden Fibrins, und unter allen Foetalorganen am wenigsten Fett, während nächst dem Gehirn noch Leber, Milz und besonders die Thymusdrüse am meisten Fett enthalten (*Schlossberger*).

Ueber Magen und Darminhalt des Foetus s. Darmcontenta.

Schleim.

Physikalische Eigenschaften.

Dieser den sogenannten Schleimhäuten entsprossene Saft bildet im normalen Zustande eine zähe fadenziehende Masse, welche aus einer pelluciden, klebrigen Flüssigkeit und einer Unzahl morphotischer Elemente, namentlich Epithelialzellen, besteht. Selbst der normale Schleim zeigt mancherlei Verschiedenheiten je nach der Schleimhaut, der er entlehnt ist, und zwar ebensowohl rücksichtlich seiner morphotischen Elemente als seiner chemischen Reactionen.

Morphotische Bestandtheile. Epithelialzellen.

Die Epithelialzellen des Schleims gehören, je nach der histologischen Natur der Absonderungsfläche, dem Pflaster-, Cylinder- oder Flimmerepithelium an. Ihre Menge ist in normalem Schleime so gross, dass man den Intercellularsaft kaum unterscheiden, geschweige denn diesen von jenen trennen kann.

1) *Schlossberger*, Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 96, S. 68—70.

Schleimkörperchen.

Schleimkörperchen, cytoïde, den farblosen Blutzellen und Eiterkörperchen ähnliche Molecüle, kommen in jedem normalen Schleime wiewohl oft nur höchst spärlich vor; indessen vermehren sie sich schon bei geringen Reizungen der Schleimhäute und nehmen bei stärkern (sogenannten Katarrhen) so zu, dass der Schleim unter dem Mikroskope fast nur aus solchen Elementen zu bestehen scheint.

Abnorme Molecüle.

Fibrincoagula nebst Blutkörperchen finden sich nur bei exsudativen (croupösen) Entzündungen der Schleimhäute im Secrete.

Oft findet man im Schleime auch Körnchenhaufen und Körnchenzellen (sogenannte Entzündungskugeln) besonders bei Katarrhen oder croupösen Entzündungen der Luftwege.

Fetttröpfchen finden sich nicht selten im Schleime.

Molecularkörnchen werden namentlich im Schleime bei Krankheiten gefunden, welche, wie Tuberculose, Krebs, Typhus, die ganze Stoffmetamorphose des Körpers beeinträchtigen.

Aus drüsigen Organen, welche auf die Schleimhautoberfläche münden, gelangen in manchen Schleim auch verschiedenartige andre Zellenbildungen. Vibrionen und mikroskopische Pilzbildungen treten nur zufällig in stagnirendem Schleime auf.

Chemische Bestandtheile. Schleimstoff.

Seine Haupteigenschaften verdankt der Schleim der in ihm gelösten oder aufgequollenen Materie, dem Schleimstoffe, Mucin (vergl. oben S. 189).

Nach *Städeler* erhält man eine reine Schleimsaftlösung, wie man sie sonst nur zufällig in pathologischen Fällen vorfindet, durch Zerreiben von Speicheldrüsen mit Glaspulver und fractionirte Extraction mit kaltem Wasser; die ersten Quantitäten Wasser ziehen Albumin und Salze aus, die spätern lösen den Schleimstoff, so dass er filtrirbar wird. Ebenso liefert auch die Wharton'sche Sulze sowie das Bindegewebe des Foetus beim Anrühren und Zerreiben mit Wasser eine dem Mucin ausserordentlich ähnliche Substanz (*Virchow*, *Scherer*, *Schlossberger*).

Albumin.

Albumin ist als solches im normalen Schleime nicht enthalten, tritt aber alsbald darin auf, sobald die Schleimhaut in einem Reizungszustande befindlich ist.

Fett.

Fett ist im normalen Schleime nur wenig enthalten, tritt jedoch bei katarrhalischen Zuständen in grösserer Menge auf.

Reaction des Schleims.

Der Schleim verschiedener Schleimhäute reagirt bald sauer, bald alkalisch; was eigentlich die normale Reaction ist, lässt sich um so weniger entscheiden, als vielleicht das Alkali in dem einen Falle so gut wie die freie Säure im andern von fremden Beimengungen herrührt.

Mineralbestandtheile.

Unter den Mineralbestandtheilen des Schleimes herrscht das Chlornatrium vor; neben diesem findet sich in der Asche hauptsächlich kohlensaures Alkali (dessen Basis an Mucin gebunden war) und etwas phosphorsaures und schwefelsaures Alkali neben den Erdphosphaten. Die Salze des Schleims betragen ungefähr 0,7%.

An Wasser enthält der Schleim 88,2 bis 95,6%.

Speichel.

Der Speichel ist nicht bloss das Gemeng der Secrete der verschiedenen Speicheldrüsen, sondern zu ihm gehört auch wesentlich das Secret der Mundschleimhaut; dieser gemischte Speichel ist daher wohl zu unterscheiden von dem durch die einzelnen Drüsen abgesonderten Secrete.

Gemischter Speichel.

Der gemischte Speichel bildet eine trübe, etwas opalisirende Flüssigkeit, zäh und fadenziehend, ohne Geruch und Geschmack; nach einigem Stehen scheidet er einen graulichweissen Bodensatz ab, der aus Pflasterepithelien und einzelnen Schleimkörperchen besteht; das specifische Gewicht schwankt beim Menschen zwischen 1,004 und 1,006; seine Reaction ist normal alkalisch.

Physikalische Eigenschaften.

Vom Menschen verschafft man sich reinen Speichel am besten, wenn man die Unterkinnlade stark herabdrückt und mit einer Feder den Gaumen kitzelt; unter vorübergehendem Würgen stürzt der Speichel stossweise aus dem Munde hervor. Von nüchternen Thieren sammelt man den Speichel am besten durch Vorhalten des Lieblingsfutters, indem man die Schnauze abwärts drückt.

Gewinnungsweise.

Das Secret der Parotis, welches man nur aus künstlichen oder spontan entstandenen Speichelfisteln gewinnen kann, ist wasserhell und farblos, ohne Geruch und Geschmack, nicht fadenziehend, specifisches Gewicht schwankend zwischen 1,0061 und 1,0088; von deutlich alkalischer Reaction.

Secret der Parotiden.

Die Summe der festen Bestandtheile des Parotidensecrets ist ziemlich schwankend; in dem von Menschen fand man 1,4 bis 1,6%, in dem des Hundes 0,46%, in dem der Pferde 0,7 bis 1,1%.

Der organische Hauptbestandtheil des Parotidensecrets ist eine an Kali, Natron oder Kalk gebundene Materie, die manche Aehnlichkeit mit einem Albuminat hat, aber damit keineswegs identisch ist, *Ptyalin, Speichelstoff*. Sie ist eine gallertartige, in Wasser lösliche Materie, die durch Erhitzen nicht gerinnt; ihre alkalihaltige Lösung wird durch basisch essigsaures Bleioxyd, Quecksilberchlorid und Gerbsäure, aber nicht durch Alaun, Kupfervitriol und andre Metallsalze gefällt.

Ptyalin.

Neben dieser Materie findet sich ein anderer organischer Stoff, der in Alkohol und Wasser löslich ist, durch Gerbsäure ebenfalls gefällt wird und nicht durch Alaun.

Ein Kalisalz einer der Buttersäuregruppe angehörigen flüchtigen Säure findet sich auch in diesem Speichel.

Flüchtige Fettsäuren.

Rhodankalium ist gewöhnlich, jedoch nicht immer, darin enthalten.

Rhodankalium.

In der Asche des Parotidensecrets sind ziemlich viel Chlorkalium und Chlornatrium, nicht wenig kohlensaurer Kalk und geringe Mengen phosphorsaurer Salze enthalten.

Mineralstoffe.

Besonders bemerkenswerth ist, dass die Parotidenflüssigkeit nicht bloss von pflanzenfressenden Thieren, sondern selbst von fleischfressenden an der Luft sich wie Kalkwasser trübt und dabei kohlensauren Kalk zum grossen Theil krystallinisch ausscheidet.

Neben dem kohlensauern Kalk fällt aber dabei immer eine organische Materie mit nieder, wiewohl in geringer Menge; man glaubte früher, da die Trübung der Flüssigkeit von der Oberfläche auszugehen pflegt, dass die Trübung in Folge von Anziehung von Kohlensäure und Trennung des Kalks von der organischen Materie geschähe: allein es ist wahrscheinlicher, dass doppeltkohlensaurer Kalk im Parotidensecret gelöst ist und der einfach kohlensaure Kalk in Folge von Kohlensäureverlust sich abscheidet.

Secret der Submaxillardrüsen.

Das Secret der Submaxillardrüsen ist eine farblose, klare, sehr zähe Flüssigkeit, ohne Geruch und Geschmack; specifisches Gewicht des Secrets von Hunden 1,004; Reaction minder stark alkalisch, als die des Parotidensecrets; dasselbe enthält fast dieselben Bestandtheile, wie das obenbeschriebene Secret, nur weniger an organische Materie gebundenen Kalk. Der feste Rückstand dieses Secrets wurde 0,855% gefunden.

Secret der Mundschleimhaut.

Das Secret der Mundschleimhaut ist sehr zäh und klebrig, trüb, farblos, meist schaumig, reich an Epithelialzellen, von alkalischer Reaction, enthält ungefähr 1% fester Bestandtheile, worunter 0,62 organische Materie.

Gemischter Speichel.

Im gemischten Speichel des Menschen finden sich 0,35 bis 1,0% fester Bestandtheile; in 100 Th. der festen Stoffe finden sich gegen 38% Mineralbestandtheile, unter diesen hauptsächlich Chlornatrium und Chlorkalium.

Abnorme Bestandtheile.

Im Speichel treten zuweilen auch abnorme Bestandtheile auf, so z. B. constant Iodkalium nach dem Gebrauche von Iod; zuweilen gehen auch Bestandtheile der Galle in den Speichel über, nicht aber Zucker. Ob wirkliches Albumin je im Speichel gefunden worden ist, bleibt noch zweifelhaft.

Quecksilber geht nur in den Speichel über, wenn Mercurialspeichelfluss in Folge sehr grosser in den Organismus gebrachter Mengen Quecksilber eingetreten ist.

Harnstoff wurde von *Pettenkofer* so wie von *Picard* in anscheinend normalem Speichel gefunden.

Abnormer Weise reagirt der Speichel auch sauer und zwar dann gewöhnlich im nüchternen Zustande; nach Einnahme von Nahrungsmitteln, namentlich saurer, gewürzter oder schwer verdaulicher, pflegt er alkalisch zu werden. Am häufigsten findet man den Speichel bei Reizungen der ersten Wege und im Diabetes mellitus sauer. Welcher Natur diese freie Säure ist, muss zur Zeit noch dahingestellt bleiben.

In dem Speicheldrüsensecret von Dolium galea Lam. fanden *Troschel* und *Bödeker*[1]) neben Sulphaten von Kali, Natron und Talkerde und ein we-

1) *Troschel* und *Bödeker*, Ber. d. Ak. d. W. zu Berlin 1854 S. 486—494

nig organischer Materie sehr viel freie Salzsäure und Schwefelsäure (von letztrer als zweites Hydrat berechnet = 2,7%).

Speichelconcremente.

Die Concremente, welche man zuweilen in den Ausführungscanälen der Speicheldrüsen antrifft, die sog. Speichelsteine, bestehen hauptsächlich aus kohlensaurem Kalk, etwas phosphorsaurem Kalk und Talkerde und ein wenig organischer Materie.

Absonderungsgrösse.

Was die Mengen des innerhalb einer bestimmten Zeit abgesonderten Speichels betrifft, so nahm man früher bei einem erwachsenen Menschen in 24 Stunden 216 bis 316 grm. an; neuere Versuche an Menschen wie an Thieren lassen indessen jene Zahlen viel zu gering erscheinen; für den erwachsenen Menschen kann man demnach 1500 grm. als mittlere in 24 Stunden abgesonderte Menge annehmen.

Die Grösse der Speichelabsonderung ist aber in jedem einzelnen kleinern Zeitraume höchst verschieden, da der reichlichere oder sparsamere Zufluss von Speichel in die Mundhöhle von sehr verschiedenen Bedingungen abhängig ist. Trockne und harte Speisen ziehen reichlichern Speichelfluss nach sich; feuchte und weiche wirken dagegen wenig auf die Speichelabsonderung. Bewegung der Unterkinnlade, daher Kauen, Sprechen und Singen, vermehrt die Speichelabsonderung. Saure, aromatische und scharfe Stoffe haben denselben Erfolg. Die Speichelabsonderung dauert übrigens noch einige Zeit fort nach dem Verschlucken der Speisen.

Je mehr Speichel bereits abgesondert und verschluckt oder ausgeworfen worden ist, desto ärmer an festen Bestandtheilen wird derselbe; die organischen Stoffe nehmen dann mehr ab als die mineralischen (*C. Ludwig* und *Becher*).

Die Verschiedenheit in der Absondrungsgrösse der einzelnen Speicheldrüsen fand *Cl. Bernard* an einem Jagdhunde, dem Fisteln der drei Drüsen einer Seite beigebracht waren, so, dass in 1¼ St. die Submaxillardrüse 44 CC., die Parotis 23 CC. und die Sublingalis 5 CC. Flüssigkeit absonderten.

Function:

Die Function des Speichels ist ebensowohl eine mechanische als eine chemische.

mechanische,

Der Speichel und vorzugsweise das Parotidensecret dient nämlich nicht bloss dazu, die trocknen Nahrungsmittel zu durchfeuchten und sie so den andern Verdauungssäften zugänglicher zu machen, sondern auch dazu, und zwar hauptsächlich das schleimige Secret der Submaxillardrüsen, den Bissen schlüpfrig zu machen und so die Deglutition zu erleichtern. Durch seine schleimige Beschaffenheit mag der Speichel endlich auch dahin wirken, dass mit ihm durch die vom Kauen bedingte Schaumbildung atmosphaerische Luft dem Magen und Darmcanal zugeführt wird.

chemische:

Wie die mechanische ist auch die chemische Function des Speichels eine verschiedene. Die auffälligste und wichtigste Eigenschaft des Speichels ist in dieser Hinsicht seine Fähigkeit, Stärkmehl,

Stärkmehl wird durch Speichel in Dextrin und Zucker verwandelt,

hauptsächlich gekochtes, in sehr kurzer Zeit in Zucker umzuwandeln, möge er alkalischer oder saurer Reaction sein. Bemerkenswerth ist, dass das Parotidensecret weder für sich noch mit Mundschleim gemischt diese Fähigkeit besitzt und auch das Secret der Submaxillardrüsen allein nicht, wohl aber das letztre mit Mundschleim gemengt. Das Parotidensecret ist also ohne allen Einfluss auf die Zuckerbildung aus Stärkmehl; das Amylonferment entsteht nur durch Vereinigung des Secrets der Submaxillardrüsen und des Mundschleims.

Man hat geglaubt, eine Speicheldiastase, d. h. den chemisch einfachen Stoff selbst nachzuweisen, welcher im gemischten Speichel die Umwandlung des Stärkmehls in Zucker bedingt: allein bis jetzt ist diess noch nicht gelungen.

Man darf übrigens die Wirkungsfähigkeit des Speichels auf die Amylaceen nicht überschätzen, wie aus folgenden Thatsachen hervorgeht: die Speichelabsonderung steht durchaus in keinem Verhältnisse zum Gehalte der Nahrungsmittel an Stärkmehl, sondern vielmehr in umgekehrter Proportion zum Feuchtigkeitsgrade derselben; namentlich ist das Nachfliessen von Speichel nach dem Verschlucken stark durchfeuchteter Amylaceen (z. B. gekochter oder nach Kleistergenuss) nur sehr gering. Ferner haben manche Thiere, welche ihre Nahrungsmittel ungekaut verschlingen, nur rudimentaere Speicheldrüsen. Im Mageninhalte findet man nach dem Genusse stärkmehlhaltiger Nahrungsmittel oft wenig, zuweilen gar keinen Zucker. Die Natur hat endlich in dem pankreatischen wie in dem Darmsafte noch viel kräftigere Mittel geschaffen, um im Darme Stärkmehl in Zucker umzuwandeln.

Nach Versuchen von *Cl. Bernard* erlangt selbst der gemischte Speichel erst durch längern Luftzutritt die Eigenschaft, Stärkmehl in Zucker umzuwandeln. Die Speicheldiastase bilde sich also erst durch einen Zersetzungsprocess. Unter den gewöhnlichen Verhältnissen könne daher der Speichel auch keine grosse Wirksamkeit auf Stärkmehl äussern.

andre Kohlenhydrate nicht.

Auf andre Kohlenhydrate, wie Rohrzucker, Gummi und Cellulose, so wie auf Pflanzenschleim übt der Speichel keine umwandelnde Kraft aus, und ebensowenig auf Proteïnkörper und Leim oder leimgebende Stoffe.

Alkalescenz des Speichels.

Ob die Alkalescenz des Speichels wirklich so grossen Einfluss auf die in den Magen gebrachten oder dort gebildeten Säuren ausübe, als man ihm hie und da zugeschrieben hat, müssen erst noch genauere Versuche lehren.

Dynamische Wirkung.

Man hat dem Speichel auch eine sog. dynamische Wirkung zugeschrieben, d. h. man glaubte, dass er einen Reiz auf den Magen ausübe, vermöge dessen eine reichliche Absonderung von Magensaft erzielt und der Digestionsprocess überhaupt mächtig gefördert werde. Directe Versuche an Thieren haben diese Ansicht nicht bestätigt.

Passive Functionen.

Endlich hat man dem Speichel auch noch sog. passive Functionen beigemessen, vermöge deren er den Geschmackssinn unterstüzt,

den Ausdruck der Stimme begünstigt, die Mundschleimhaut reinigt und bis zu einem gewissen Grade den Durst löscht.

Magensaft.

Eigenschaften.

Reiner Magensaft ist klar, dünnflüssig, farblos (höchstens schwach gelblich gefärbt), von schwachem, eigenthümlichem Geruche und geringem, salzig-säuerlichem Geschmacke, wenig schwerer als Wasser, von stark saurer Reaction, trübt sich beim Kochen nicht, wohl aber ein wenig beim Neutralisiren mit Alkali Wie die meisten sauren Flüssigkeiten geht der Magensaft nicht leicht in Zersetzung über. Formelemente finden sich darin nur sparsam; sie bestehen theils aus unveränderten Zellen der Magensaftdrüsen, theils aus deren Kernen, theils aus feiner moleculärer Materie.

Gewinnungsweise.

Man verschafft sich reinen, obwohl immer noch mit etwas Speichel gemengten Magensaft, wenn man Hunden, denen man künstlich eine Magenfistel beigebracht hat, leicht zu zerkauende Knochen fressen lässt und nach Verlauf von 5 bis 10 Minuten die Fistel öffnet und den ausfliessenden Saft von Schleimflocken und Speiseresten abfiltrirt. Will man ganz speichelfreien Magensaft untersuchen, so müssen der Oesophagus oder wenigstens die Speichelgänge unterbunden werden.

In früherer Zeit liess man Thiere einen an einer Schnur befestigten Schwamm verschlucken, zog nach einiger Zeit den Schwamm mittelst der Schnur wieder heraus und presste die Flüssigkeit ab. Später pflegte man dadurch Magensaft zu gewinnen, dass man die Thiere einige Zeit nach dem Fressen tödtete und die Flüssigkeit aus dem Mageninhalte sammelte.

Chemische Bestandtheile.

Der filtrirte Magensaft enthält nur wenig feste Bestandtheile; in dem einer Frau hat man (nach Abzug der Chlorwasserstoffsäure) 0,517 bis 0,562 % gefunden, in dem der Hunde aber 1,05 bis 2,7 %; im festen Rückstande sind ungefähr 63 % organische und 37 % anorganische Materien enthalten.

Verdauungsprincip.

Die organischen Stoffe des Magensafts sind noch nicht genau gekannt; man weiss nur, dass eine organische Materie darin enthalten ist, welcher der Magensaft hauptsächlich seine Eigenschaft verdankt, Proteïnkörper aufzulösen und in nicht coagulirbare Stoffe (*Peptone* und *Parapeptone*) zu verwandeln.

Diese Materie (*Pepsin*) steht den Proteïnkörpern nahe, gerinnt nicht in der Hitze, verliert aber dadurch ihr Verdauungsvermögen, ist durch Quecksilberchlorid, Bleisalze, Alkohol und Gerbsäure fällbar. Neben dieser Materie findet sich noch ein in Wasser und Alkohol löslicher, organischer Stoff im Magensafte vor.

Freie Säure.

Die **freie Säure** des Magensaftes ist theils Chlorwasserstoffsäure,

theils Milchsäure; letztre fehlt im Magensafte fleischfressender Thiere zuweilen ganz.

Die Menge der freien Salzsäure im Magensafte von Hunden beträgt durchschnittlich 0,335 %, die der freien Milchsäure 0,450 % der Flüssigkeit. Bei einer Frau fand man im speichelhaltigen Magensafte 0,022% und ein andermal 0,018 % freie Salzsäure (ohne Milchsäure).

Im Magensafte, welcher gewonnen wird, nachdem kurze Zeit vorher Speisen genossen worden sind, pflegt freie Salzsäure gänzlich zu fehlen; man findet dann auch freie Säure; diese besteht aber aus Milchsäure und Buttersäure (herrührend hauptsächlich von Brod und Fleisch).

Mineralbestandtheile.

Unter den Mineralbestandtheilen des Magensaftes herrschen die Chlorverbindungen vor; neben Chlornatrium finden sich geringere Mengen Chlorammonium, Chlorcalcium und Chlormagnesium nebst Spuren von Eisenchlorür. Phosphorsaurer Kalk findet sich nur in sehr geringen Mengen, während phosphorsaure und schwefelsaure Alkalien gar nicht nachzuweisen sind.

Zufällige Bestandtheile.

In den Magensaft können unter besondern Verhältnissen mehrere Substanzen als zufällige Bestandtheile übergehen, z. B. Iodkalium, Kaliumeisencyanür, Eisensalze, Harnstoff.

Künstlicher Magensaft.

Künstlichen Magensaft nennt man eine Flüssigkeit, welche durch Behandlung der Drüsenhaut des Magens mit verdünnter Salzsäure erhalten wird, und die Haupteigenschaft des natürlichen Magensafts besitzt, coagulirte Proteïnkörper in lösliche Substanzen zu verwandeln.

Absonderungsgrösse.

Rücksichtlich der Absonderungsgrösse des Magensaftes hat man in einigen Versuchen an Hunden gefunden, dass diese etwa in 24 Stunden $^1/_{10}$ ihres Körpergewichts an Magensaft abscheiden; ein erwachsener Mensch würde demnach in 24 Stunden ungefähr 6,4 Klgrm. Flüssigkeit in den Magen ergiessen. Einigen directen Beobachtungen nach hat man bei einer Frau sogar den vierten Theil ihres Körpergewichts an Magensaft in 24 St. abgesondert gefunden.

Nach *C. Schmidt's*, *Bidder's* und *v. Grünewaldt's* Erfahrungen würde 1 Klgr. Mensch in 24 St. 246 grm., 1 Klgr. Schaf 120 grm. und 1 Klgr. Hund 100 grm. Magensaft absondern.

Function.

Was die Function des Magensafts betrifft, so ergiebt sich diese von selbst aus der oben erwähnten Eigenschaft desselben, Proteïnkörper und leimhaltige oder leimgebende Substanzen aufzulösen und erstere in leicht resorbirbare Peptone und Parapeptone zu verwandeln.

Nach *Meissner's* Untersuchungen zerfallen alle eiweissartigen Materien bei der Magenverdauung fast gerade auf in Peptone und Parapeptone, so dass das Verhältniss der erstern zu den letztern ist = 2 : 1. Nebenbei bilden sich nur noch Spuren von zwei Stoffen, von denen der eine sich dadurch charakterisirt, dass er mit Kupfervitriol und Kali eine rothe Lösung liefert, der andre dadurch, dass er mit salpetersaurem Quecksilberoxyd dieselbe Reaction wie Tyrosin erzeugt.

Diese Fähigkeit wird indessen aufgehoben: durch Kochen, durch Sättigen der freien Säure, durch schweflige und arsenige Säure, durch Alaun und die meisten Metallsalze; sehr gehemmt wird sie durch Sättigung des Magensaftes mit Alkalisalzen oder andern löslichen Verbindungen. Die Stelle der Chlorwasserstoffsäure und Milchsäure kann durch andre starke Mineralsäuren nur schwach, durch andre organische Säuren nicht vertreten werden.

Intensität der verdauenden Kraft des Magensaftes. 100 grm. frischen Magensafts sind im Stande 3 bis 5 grm. geronnenes Albumin aufzulösen.

Auf die stickstofffreien Nahrungsmittel, d. h. Fette und Kohlenhydrate ist der Magensaft ohne Einwirkung. Er beeinträchtigt übrigens die Wirkung des Speichels auf Amylon wenigstens insoweit, dass rohes Stärkmehl im Magen nicht in Zucker verwandelt wird, wohl aber gekochtes.

Der abgesonderte Magensaft ist zur Verdauung der dem Thiere nöthigen Proteïnkörper unzureichend. Der Magensaft reicht nicht aus, um alle zur Ernährung eines Thieres nöthigen Proteïnkörper aufzulösen; diess geht nicht nur daraus hervor, dass ein grosser Theil der genossenen Proteïnkörper den Magen unverdaut verlässt, sondern auch aus folgender Ueberlegung: Ein Hund braucht zu vollständiger Unterhaltung aller physiologischen Functionen täglich 50 grm. Fleisch (worin 10 grm. Albuminate) auf 1000 grm. seines Körpergewichts; derselbe sondert aber nur 100 grm. Magensaft ab, welcher, wie oben erwähnt, höchstens die Hälfte der Albuminate des Fleisches aufzulösen vermag; also müssen dem Darminhalte noch andere Säfte zufliessen, welche die Proteïnkörper aufzulösen im Stande sind; denn der Magensaft wird im Duodenum durch Galle und Bauchspeichel seiner freien Säure und somit seines Verdauungsvermögens beraubt (*C. Schmidt*). Bei Menschen scheinen übrigens den wenig zahlreichen genauern Beobachtungen nach noch weniger Albuminate im Magen verdaut zu werden, als bei Hunden.

Galle.

Eigenschaften. Die Galle der meisten Thiere bildet, so wie sie aus der Gallenblase entlehnt ist, eine schleimige, fadenziehende Flüssigkeit von grüner oder brauner Farbe, von bitterem Geschmack, eigenthümlichem Geruche, der namentlich beim Erwärmen oft moschusartig wird; das specifische Gewicht schwankt um 1,02; sie ist gewöhnlich schwach alkalisch, oft ganz neutral, sauer selbst in Krankheiten sehr selten. Schleimhaltige Galle fault leicht, schleimfreie schwer oder gar nicht.

Gewinnungsweise. Frische Menschengalle kann man selbstverständlicher Weise nur aus den Leichnamen eben hingerichteter Verbrecher gewinnen. Um die Verhältnisse der Gallensecretion und den Einfluss der Galle auf die Verdauung u. s. w. zu studiren, hat man Gallenfisteln angelegt, indem

man die Gallengänge unterband und die geöffnete Gallenblase mit den äusseren Wundrändern verwachsen liess.

Chemische Bestandtheile. Jede Galle enthält zunächst zwei wesentliche Bestandtheile, einen oder mehrere harzige und einen färbenden.

Harzige Säuren. Die harzähnlichen Säuren sind nicht in allen Gallen völlig identisch; in der Galle der meisten Säugethiere finden sich glykocholsaure und taurocholsaure Alkalien in verschiedenen Proportionen gemengt; doch ist das taurocholsaure Alkali in der Galle der meisten Thiere überwiegend über das glykocholsaure. In der Galle des Hunds, der Gans, der Boa Anaconda und vieler Fische findet man fast nur taurocholsaures Natron. Eigenthümlich sind die harzigen Säuren der Galle des Schweines; auch diese sind theils mit Glycin, theils mit Taurin gepaart, unterscheiden sich aber ihrer Zusammensetzung nach von den vorerwähnten Säuren nur durch 2 Aeq. CH (s. S. 70).

Pigment. Das Gallenpigment kommt in der Galle verschiedener Thiere in zwei Modificationen vor, einer braunen und einer grünen; die letztere scheint ein Oxydationsproduct der erstern zu sein; jedoch sind diese Stoffe noch zu wenig untersucht, um ein bestimmtes Urtheil fällen zu können (vergl. oben S. 161 ff).

Cholesterin. Ein nie fehlender Bestandtheil der Galle ist das Cholesterin, welches durch das taurocholsaure Alkali wahrhaft gelöst ist, und sich daher nur höchst selten krystallinisch ausgeschieden darin vorfindet (s. oben S. 129).

Fette und fettsaure Salze. Freie Fette, die ebenfalls durch das taurocholsaure Alkali gelöst erhalten werden, so wie fettsaure Alkalien sind sehr gewöhnliche Bestandtheile der Galle. An Fetten, Fettsäuren und Cholesterin fand man im festen Rückstande menschlicher Galle 17 bis 30 %.

Mineralbestandtheile. Unter den Mineralstoffen der Galle überwiegt, wie fast überall, das Chlornatrium; daneben findet sich etwas phosphorsaures und kohlensaures Natron, phosphorsaure Kalk- und Talkerde mit Spuren von Eisen und Mangan; dagegen findet man kein schwefelsaures Alkali in frischer Galle; so auch keine Ammoniaksalze. Bemerkenswerth ist, dass die Galle der Seefische fast nur Kalisalze enthält, während die der Süsswasserfische und pflanzenfressenden Säugethiere nur Natronsalze führt.

Kupfer ist auch einige Male in der Galle gefunden worden.

Schleim. Die fadenziehende Beschaffenheit verdankt die Galle hauptsächlich ihrem Schleimgehalte; dem reichlichen Schleimsafte sind hier verhältnissmässig wenig Zellen von Cylinderepithelium beigemengt. Cylinderepithelium.

Quantitative Zusammensetzung. Die normale Menschengalle enthält durchschnittlich 14 % (schwankend zwischen 10,2 und 17,7 %) fester Bestandtheile, die Rindsgalle 10 bis 13 %, die Schweinsgalle 10,6 bis 11,8 %. Die organischen Bestandtheile der menschlichen Galle betragen ungefähr 90 %; die Galle der meisten Thiere enthält weniger organische Bestandtheile den Mineral-

stoffen gegenüber, zuweilen nur 86 %. Die tauro- und glykocholsauren Alkalien machen mindestens 75 % der festen Gallenbestandtheile aus.

An Mineralstoffen hat man in dem festen Gallenrückstande vom Menschen 6,14%, vom Rinde 12,7%, vom Kalbe 13,15%, vom Schafe 11,86%, von der Ziege 13,21 %, vom Schweine 13,6 %, vom Fuchse 12,71 %, vom Huhne 10,99 % und von Süsswasserfischen 14,11% gefunden.

Verschiedenheit der Blasen- und Lebergalle.

Die Galle der meisten Carnivoren ist gelb bis gelbbraun, die der Herbivoren grün; doch wird die gelbbraune Galle bei längerem Verweilen in der Gallenblase (nach längerer Entbehrung von Nahrungsmitteln) auch grün. In der Gallenblase unterliegt also das Pigment schon einem Oxydationsprocesse. Die Galle wird aber durch das längere Verweilen in der Blase auch concentrirter; bei Hunden und Katzen enthält z. B. das frische Lebersecret 5 % fester Bestandtheile, die Blasengalle aber 10 ja 20 %.

Abnorme Bestandtheile.

Albumin.

Albumin findet sich in der Galle im Embryonalzustande, zuweilen bei Fettleber, in der Bright'schen Krankheit und bei Leberabscessen.

Harnstoff.

Harnstoff tritt in der Galle bei Uraemie, also hauptsächlich in der Cholera und bei Bright'scher Krankheit, auf.

Stannius fand indessen in der Galle nephrotomirter Thiere selbst nach gleichzeitiger Injection von Harnstoff in das Blut keinen Harnstoff, während *Picard* solchen in normaler Galle gefunden zu haben glaubt.

Zucker ist nur zuweilen in der Galle nachweisbar; möglich, dass er, wie *Cl. Bernard* glaubt, nur durch Endosmose aus der Lebersubstanz in die Galle gelangt ist.

Bilifulvin und Haematoïdin.

In der Galle, welche in Folge von Krankheiten lange Zeit in der Gallenblase stagnirt hat, findet man nicht selten Sedimente, die sich unter dem Mikroskop als grünliche und bräunliche Stängelchen, wurstförmige Molecüle, oder an einander gereihte Krystallchen zu erkennen geben; man hat diese Materie Bilifulvin genannt. Oft finden sich unter diesen auch rubinrothe bis gelbrothe, rhomboïdale Krystalle, welche dem sonst nur in alten Blutextravasaten gefundenen Haematoïdin gleichen. (Vergl. oben S. 163 u. Fig. 42).

Veränderungen des Gehalts an festen Stoffen in Krankheiten.

Vermehrt pflegen die festen Bestandtheile der Galle in folgenden Krankheiten zu sein: bei Herzfehlern und Unterleibskrankheiten, welche den Blutlauf in den grossen Venen verlangsamen, ferner in der Cholera, wo alle thierischen Flüssigkeiten durch Wasserverlust dichter werden. Wässriger ist dagegen die Galle gewöhnlich nach heftigen Entzündungen, bei hydropischen Affectionen, Typhus, Tuberculose und Diabetes; überhaupt scheint in diesen Zuständen der Wassergehalt der Galle in einem gewissen Verhältnisse zu dem des Blutes zu stehen.

Gallenconcremente.

Die Gallenconcremente, die so oft in der Gallenblase namentlich älterer Personen gefunden werden, sind hauptsächlich zweierlei Art; die eine Art enthält einen kleinern oder grössern Kern von Pigment,

letztres zum Theil mit Kalk verbunden, besteht aber hauptsächlich aus Cholesterin; selten pflegt letzteres zurückzutreten und das Concrement nur aus Pigment und Mineralstoffen zu bestehen. Eine zweite Art der Gallenconcremente ist dunkelgrün oder schwarz, enthält das Pigment in einer andern Modification, ist auch sehr kalkreich, aber fast frei von Cholesterin.

Gallenconcremente, die wesentlich aus kohlensaurem und phosphorsaurem Kalk bestehen, sind sehr selten.

Die Gallenconcremente enthalten nicht selten Kupfer; doch scheinen solche kupferhaltige Gallensteine nur bei Personen aus solchen Gegenden vorgefunden zu werden, wo man sich viel kupferner Speisegeschirre bedient (Baiern, Italien u. s. w.).

Absonderungsgrösse. Durch sorgfältige Untersuchungen der Menge und Constitution der in bestimmten Zeiten aus (Thieren künstlich beigebrachten) Gallenfisteln ablaufenden Galle ist man zu folgenden Resultaten über die Grösse der Lebersecretion gelangt. Bei verschiedenen Thieren stellt sich zunächst das Verhältniss so heraus, dass 1000 grm. Katze in 24 St. 14,5 grm. Galle (mit 0,816 grm. festen Bestandtheilen) aussondern, ein gleiches Körpergewicht Hund 20,0 grm. (mit 1,0 grm. f. B.), Schaf 25,42 grm. (mit 1,34 grm. f. B.), Kaninchen 137,8 grm. (mit 2,47 grm. f. B.), Gans 11,78 grm. (mit 0,816 grm. f. B.) und Krähe 72,1 grm. (mit 5,256 grm. f. B.) (*Bidder* und *Schmidt*). Diese Angaben sind jedoch nur als ungefähre zu betrachten, da anderweitige Versuche wenigstens sehr erhebliche Abweichungen davon ergeben haben.

Schwankungen derselben nach Aufnahme der Nahrungsmittel. Die Absonderung der Galle ist stetig, sie nimmt aber je nach dem Zustande der Verdauung ab und zu. In der dritten Stunde nach Aufnahme der Nahrungsmittel nimmt die Gallensecretion zu; dieselbe steigert sich bis zur 13ten oder 15ten Stunde; von da an sinkt sie aber wieder schnell, so dass sie in der 24sten St. ungefähr ebenso gross ist, als 2 St. nach Aufnahme der Nahrungsmittel. Bei fortgesetztem Hungern nimmt die Menge abgesonderter Galle fortwährend ab, so dass sie z. B. bei Katzen nach 10tägigem Fasten auf den vierten Theil der Menge gesunken ist, welche die Secretion in der 24sten Stunde nach der letzten Fütterung lieferte (*Bidder* und *Schmidt*).

Die Gallensecretion vermehrt sich ferner in entsprechender Proportion zur Menge der aufgenommenen Nahrung (*Bidder* und *Schmidt*, *Arnold*, *Nasse*, *Kölliker* und *H. Müller*).

Einfluss der Qualität der Nahrung, Auch die Qualität der genossenen Nahrung ist von Einfluss auf die Grösse der Gallensecretion. Fleichnahrung bedingt zahlreichen Versuchen nach eine reichlichere Absonderung von Galle als vegetabilische. Indessen haben andere Versuche andere Resultate gegeben; so wurden nach anderen Beobachtungen auf 10 grm. frischen Fleisches nur 1,204 grm. Galle, auf 10 gr. einen Tag alten Brodes 1,341 grm. Galle von einem Hunde abgesondert; wobei aber zu bemerken, dass die Galle

bei Fleischfütterung 3,056%, bei Brodfütterung aber nur 2,639 % fester Bestandtheile enthielt (*Arnold, H. Nasse*).

Reichlicher Fettzusatz zur gewöhnlichen Nahrung vermehrt die Gallenabsonderung erheblich; dagegen ist ausschliessliche Fütterung mit Fett so einflusslos auf diese Secretion, dass nicht mehr Galle als beim Hungern abgesondert wird (*Bidder* und *Schmidt, H. Nasse*).

Durch reichliches Wassertrinken wird die Quantität der abgesonderten Galle vermehrt; dieselbe wird aber dadurch nicht bloss wässriger, sondern es werden auch in gleichen Zeiten mehr feste Bestandtheile durch die Leber ausgeschieden (*Bidder* und *Schmidt, Nasse*). Wird aber Wasser ins Blut injicirt, in nicht allzu geringen Mengen, so geht Eiweiss in die Galle über, jedoch viel schwerer, als in den Harn. Das Eiweiss erscheint ungefähr 3 St. nach der Wasserinjection in der Galle und verschwindet daraus wieder nach 6 St. (*Mosler*).

Einfluss gewisser Arzneimittel und Krankheiten auf die Gallenabsonderung.

Der Genuss kohlensauren Natrons vermindert die Gallenabsonderung bedeutend; durch Kalomelgebrauch wird sie vermehrt, jedoch so, dass die Galle nur wässriger wird, aber nicht mehr feste Bestandtheile als gewöhnlich ausgeschieden werden (*H. Nasse, Buchheim*).

Fieberhafte Krankheiten vermindern die Gallenabsonderung.

Uebergang fremdartiger Stoffe.

Ueber den Uebergang fremdartiger Substanzen in die Galle verdanken wir *Mosler's* sorgsamen Untersuchungen an mit Gallenfisteln versehenen Hunden vielfachen Aufschluss. Krümelzucker geht nicht leicht in die Galle über; es kann soviel Zucker im Blute enthalten sein, dass bereits reichliche Mengen desselben im Harn erscheinen, und in der Galle findet sich keine Spur; nur bei künstlicher Zuführung extremer Zuckermengen zum Blute, tritt eine geringe Menge desselben auch in die Galle über. Wie in den Harn, so geht aber auch Rohrzucker verhältnissmässig leichter in die Galle über, als Krümelzucker. Iodkalium geht auch in die Galle leicht über, verschwindet aber daraus ziemlich bald. Kupfersalze finden sich bald in der Galle wieder (*Buchheim, Mosler*). Salpeter, Quecksilberchlorür, Benzoësäure und schwefelsaures Chinin wurden von *Mosler* in der Galle nicht wieder gefunden.

Function.

Die Function der Galle ist von jeher sehr verschieden gedeutet worden; namentlich hat man ihre Bedeutung für den Verdauungsprocess auf mannichfache Weise zu erklären versucht. Eine nicht abzuläugnende und gewiss nicht untergeordnete Function der Galle ist, die Säure des Magensaftes, welche mit den verdauten Speisen ins Duodenum gelangt, zu tilgen; zwar reagirt der Duodenalinhalt immer noch sauer, allein an die Stelle der Salzsäure und Milchsäure sind zum grossen Theil die sich im Darme bald zersetzenden harzigen Säuren der Galle getreten.

Galle tilgt zum Theil die freie Säure des Magensaftes.

Lösungsvermögen.

Ein besonderss Lösungsvermögen für Chymusstoffe hat die Galle nicht; durch das Wasser aber, welches sich mit ihr reichlich in den Darm ergiesst, muss sie auf einzelne Chymusbestandtheile lösend wirken, während gewisse Gallenbestandtheile unlöslich werden.

Dass die reine Galle auf manche eiweissartige Materien, z. B. auf Caseïn und auch auf die Blutkörperchen lösend wirke, ist nicht zu läugnen; allein da dieselbe, ins Duodenum gelangt, sich sehr bald zersetzt, kann ihr kaum ein wesentlicher Einfluss auf die Lösung der Eiweissstoffe in den ersten Wegen zugeschrieben werden. — Hunde, denen die Galle durch eine Fistel vollständig nach aussen abgeführt wird, verdauen Albuminate ebenso gut, wie nicht operirte Hunde (*Bidder* und *Schmidt*, *Arnold*).

Das Pfortaderblut verliert in der Leber bei seinem Uebergange in Lebervenenblut ungefähr 7 % Wasser. Da ferner die Galle durchschnittlich 88 % Wasser enthält, so lässt sich übersehen, welche Menge Wasser mit der Galle in den Darm ergossen wird; dieses Wasser kann aber um so mehr als Lösungsmittel dienen, als die wesentlichen Gallenbestandtheile im Darme sehr bald daraus niedergeschlagen werden.

Antiseptische Wirkung.

Die Galle verhindert in gewissem Grade die faulige Zersetzung der Darmcontenta. Wird keine Galle in den Darm ergossen, so pflegen die Excremente und Dickdarmcontenta ausserordentlich übel zu riechen. Diess ist im Ikterus häufig besonders aber in solchen Fällen zu bemerken, wo bei Dünndarmfisteln Nahrungsmittel in das untre Darmstück eingeführt und dort verdaut werden.

Galle bedingt die Resorption der neutralen Fette.

Von jeher hat man hervorgehoben, dass die Galle ein Lösungsvermögen für Fette besitze; ist dieses Vermögen auch beschränkt, so ist es doch keineswegs ganz abzuleugnen; namentlich ist von einem Bestandtheile der Galle, der Taurocholsäure, diese Fähigkeit durch directe Versuche erwiesen. Allein trotzdem ist das Lösungsvermögen der Galle für neutrale Fette so gering, dass sie durchaus nicht ausreichen würde, alles Fett, welches erwiesenermaassen im Darme zur Resorption gelangt, wirklich aufzulösen. Und doch wies die bekannte Erfahrung, dass Fettflecke mit Leichtigkeit durch Galle entfernt werden können, deutlich genug darauf hin, dass dieser thierische Saft einen Einfluss auf die Bewegung des Fetts in Geweben ausüben müsse. Directe Versuche bestätigten später die Ansicht, dass durch Galle veränderte Adhaesionsverhältnisse zwischen öligen Flüssigkeiten und wässrig feuchten Membranen bedingt werden; so steigt Oel in mit Galle befeuchteten Capillarröhrchen bedeutend höher, als in trockenen oder wässrig feuchten Röhrchen; in mit Galle imbibirte Membranen dringt Fett viel leichter ein, als in wässrig feuchte (*Bidder* und *Schmidt*, *Wistinghausen*).

Während man auf diese Weise den Einfluss der Galle auf die Fettresorption zu erklären vermag, erweisen folgende Thatsachen, dass ohne Mitwirkung der Galle nur sehr wenig Fett wirklich zur Resorption gelangt. Bei Thieren, deren Galle mittelst Gallenfisteln vollständig nach aussen abgeleitet wird, findet man, dass ebensoviel Albuminate und Kohlenhydrate resorbirt werden, wie bei unverletzten Thieren; allein anders verhält es sich mit den Fetten; von diesen gelangt zwar auch etwas zur Resorption, wenn der Zutritt der Galle zum Darme abgeschlossen ist, allein die Menge des dann resorbirten Fetts ist 2½ mal geringer, als

bei freiem Zufluss der Galle zum Darme (*Bidder* und *Schmidt, Schellbach*).

1 Klgrm. Hund resorbirt in 24 Stunden 0,5 bis 0,6 grm. Fett, während bei Abschluss der Galle in gleichem Falle ungefähr nur 0,1 grm. resorbirt werden.

Der Chylus mit Fett gefütterter Hunde enthält über 3 % Fett, während sich im Chylus mit Gallenfisteln versehener Hunde nach Fütterung mit Fett fast nur Fettsäuren und zwar höchstens 0,8 % vorfinden. In einem andern Falle ward im Chylus eines mit einer Gallenblasenfistel versehenen Hundes, der viel Fleisch consumirte, nur 0,2 % Fett gefunden, im Chylus eines unverletzten, gesunden Hundes, der nicht sehr fettreiches Fleisch erhielt, dagegen 3,2 % (*Brodie, Tiedemann* und *Gmelin, Bidder* und *Schmidt, Schellbach*). Die Wichtigkeit und die Wirkungsweise der Galle für die Fettresorption sind also durch diese Versuche ausser Zweifel gesetzt.

Resorption im Darme.

Dass ein Theil der in den Darmcanal ergossenen Gallenstoffe zur Resorption gelangt, ist nicht in Abrede zu stellen; indessen ist die Menge derselben nicht so bedeutend, als man früher aus gewissen Beobachtungen schliessen zu dürfen glaubte. *Bidder* und *Schmidt*, sowie auch *Nasse* und später *Kölliker* und *H. Müller* überzeugten sich, dass mit Gallenfisteln versehene Hunde zur Erhaltung ihres Körpergewichts und ihres Wohlbefindens überhaupt weit mehr Nahrung bedürfen und auch consumiren, als solche Hunde, bei denen die Galle normaler Weise sich in den Darm ergiesst. *C. Schmidt* wies insbesondre nach, dass bei solchen Fistelhunden eine der verloren gehenden Gallenquantität entsprechende Differenz in der Ausscheidung des Kohlenstoffs durch die Lungen stattfinde. Ein von *Schellbach* ausgeführter Versuch ergab, dass ungefähr 72% der in den Darm ergossenen Galle resorbirt würden. Man findet nun aber besonders bei Diarrhoeen, jedoch auch unter ganz normalen Verhältnissen in den festen Excrementen immer harzige Gallenstoffe, namentlich im Aetherextract jener. Findet man aber auch nicht immer soviel, als *Kühne* in den Excrementen von Hunden gefunden zu haben scheint, so geht doch zweifelsohne mehr von der Galle in die Faeces über, als obigen Beobachtungen nach zu erwarten war. Beherzigenswerth ist daher die von *W. Kühne* ermittelte Thatsache, dass die gepaarten Gallensäuren, so wie Cholsäure und Choloïdinsäure, aus dem Blute (seien sie künstlich in dasselbe injicirt oder bei Ikterus in dieses getreten) unverändert in den Harn übergehen. Dass aber selbst geringe Mengen Gallensäuren, wenn sie ins Blut gelangen, hier wohl kaum zersetzt werden, dafür dürfte auch die von *v. Gorup-Besanez* ermittelte Thatsache sprechen, dass durch ozonisirte Luft Galle zwar vollständig entfärbt wird, die harzigen Säuren darin aber völlig unverändert bleiben. An eine schnelle Oxydation derselben im Blute dürfte daher wohl kaum gedacht werden. Es sind sonach zur Aufhellung dieses Gegenstandes noch weitere Forschungen nothwendig.

Bildung der Galle in der Leber.

Dass die Bildung der Galle erst in der Leber vor sich gehe, ist durch folgende Thatsachen erwiesen: bei Fröschen, denen man die ganze Leber exstirpirt hatte, war im Blute nicht ein einziger wesentlicher Gallenbestandtheil zu finden (*Kunde*). Bei keiner Krankheit, welche das Leberparenchym ergreift und somit die Gallensecretion unterdrückt, kommt Ikterus vor. Im Pfortaderblute findet sich kein einziger der wesentlichen Bestandtheile der Galle praeformirt. Während des langsamen Strömens des Bluts durch die Leber erleidet dieses so wesentliche Veränderungen (Vergleich des Pfortader- und Lebervenenblutes), dass hier an ein blosses Abseihen gewisser Blutbestandtheile durch die Leber (wie des Harns durch die Nieren) nicht gedacht werden kann.

Pankreatischer Saft.

Eigenschaften.

Das Secret der Bauchspeicheldrüse ist eine farblose, klare, schleimig-klebrige Flüssigkeit, ohne Geruch, von fadem, laugenhaften Geschmack von ziemlich stark alkalischer Reaction, gerinnt beim Erhitzen auf 72° bald in weissen Flocken, bald zu einer compacten weissen Masse. Durch Alkohol so wie durch Holzgeist entstehen weisse Niederschläge, die sich in Wasser sehr leicht wieder auflösen. Chlor, Brom, Jod, Schwefelsäure, Salpetersäure, concentrirte Salzsäure und Jodwasserstoffsäure, Metaphosphorsäure und die meisten Metallsalze bewirken Niederschläge. Der durch Salpetersäure entstandene Niederschlag löst sich im Ueberschuss derselben sehr leicht wieder auf. Verdünnte Salzsäure und Essigsäure so wie gewöhnliche Phosphorsäure geben keine Niederschläge.

Das specifische Gewicht ist ziemlich schwankend, da je nach der Dauer der Absonderung bald mehr bald weniger feste Bestandtheile darin enthalten sind. Man hat im Bauchspeichel des Hundes zwischen 1,62 und 11,56 % fester Bestandtheile gefunden (*Bidder* und *Schmidt*, *Weinmann*). *Schmidt's* neuern Erfahrungen zufolge schwankt das specifische Gewicht nur zwischen 1,010 und 1,011.

Der pankreatische Saft geht bei mittlerer Temperatur schon nach wenigen Stunden an der Luft in Fäulniss über und bildet dann schneller, als irgend ein andrer albuminöser Stoff Leucin und verhältnissmässig viel Tyrosin (auch etwas Hypoxanthin, *Scherer*).

Die wichtigste Eigenschaft des pankreatischen Saftes ist die, das Stärkmehl in wenigen Minuten in Zucker zu verwandeln und neutrale Fette in Glycerin und die entsprechenden Fettsäuren zu zerlegen.

Gewinnungsweise.

Um pankreatischen Saft zu sammeln, kann man kein andres Mittel anwenden, als eine Fistel und zwar wo möglich eine permanente des Wirsung'schen Ganges anlegen, die auf den Hautdecken mündet.

Indessen kann man zum Zwecke von gewissen Versuchen sich recht wohl auch des aus dem zerkleinerten Pankreas ausgelaugten und abgepressten Saftes bedienen; aus diesem Safte ist auch das reinere Pankreatin darstellbar.

Chemische Bestandtheile. Wesentlicher, proteïnartiger Stoff des Bauchspeichels.

Der Hauptbestandtheil des Bauchspeichels ist ein eiweissartiger Stoff, der weder mit Caseïn noch mit Albumin völlig identisch ist (vergl. Pankreatin S. 187).

In dem festen Rückstande des Bauchspeichels finden sich ungefähr 78 % Pankreatin.

Dokimasie d. Pankreatin.

Wenn das Pankreatin sich in dem Safte zu zersetzen anfängt, so erlangt der letztre die Fähigkeit sich mit etwas Chlorwasser gemischt rosen- bis weinroth zu färben. Bei weitrer Zersetzung ist das Chlor unwirksam, aber salpetrige Säure haltende Salpetersäure bringt dann eine ähnliche Röthung hervor. (*Cl. Bernard*).

Ein sehr interessantes und leicht ausführbares Verfahren, um sich von der Gegenwart des Pankreatins in einer drüsigen Substanz zu überzeugen, hat *Cl. Bernard* ermittelt. Etwas von der zu untersuchenden Substanz wird auf einem Glasplättchen mit Alkohol befeuchtet, theils um Wasser zu entfernen, theils um den Schleim gerinnen zu machen; durch Fliesspapier wird nach Verlauf von etwa ¼ St. die Flüssigkeit möglichst entfernt. Das Object tränkt man dann mit einer aetherischen Lösung von Butter (die natürlich nicht sauer reagiren darf), setzt gesättigte Lakmuslösung zu und bedeckt mit einer Glasplatte (viel Luftzutritt muss vermieden werden); die durch das Pankreatin frei gemachte Buttersäure wird das Lakmus röthen.

Butterartiges Fett.

Neben einem butterartigen Fette findet sich im Bauchspeichel noch eine in Alkohol lösliche organische Materie in sehr geringer Menge.

Leucin, Hypoxanthin, Tyrosin und einen dem Leucin homologen Stoff glaubt man als normale Bestandtheile (nicht als Zersetzungsproducte) des pankreatischen Saftes gefunden zu haben.

Mineralstoffe.

Die Mineralstoffe des Bauchspeichels bestehen hauptsächlich aus Chlornatrium, phosphorsauren Alkalien und Erden, schwefelsaurem Alkali und kohlensaurem Kalk. Ihre Menge beträgt im festen Rückstande des Saftes 8 bis 10 % (*Cl. Bernard*).

Cl. Bernard sah nach Injectionen ins Blut nur Iodkalium in diesen Saft übergehen, nicht aber Zucker und Blutlaugensalz. Zinkoxyd wurde von *Michaëlis* nur nach langer Darreichung im Pankreas gefunden.

Absonderungsgrösse.

Die rücksichtlich der Absonderungsgrösse angestellten Versuche an Thieren haben Folgendes ergeben: 1 Klgrm. Hund sondert in 24 Stunden ungefähr 89 grm. Saft ab. Während der Zeit der Verdauung (bei Wiederkäuern nach Beendigung des Wiederkäuens) erreicht die Absonderung ihren Höhepunkt; die Drüse pflegt dann stark zu turgesciren.

Bei permanenten Fisteln scheint nach *Weinmann* die Menge der abgesonderten festen Stoffe ziemlich dieselbe zu bleiben, während die Quantität ausgeschiedenen Wassers höchst verschieden zu sein pflegt; die Concentration des pankreatischen Saftes steht daher in umgekehrtem Verhältniss zu den in einer bestimmten Zeit gelieferten Absonderungsmengen.

Die Menge des abgesonderten Saftes ist vom Volumen des Pankreas unabhängig (*Colin*). Längeres Hungern, Erbrechen und operative Ein-

griffe vermindern die Menge abgesonderten Saftes; Aufnahme von fester Nahrung und besonders von Getränk erhöhen dieselbe beträchtlich (*Schmidt* und *Kröger*).

Schwankungen derselben.

Cl. Bernard sah die Absonderung des Bauchspeichels bei Hunden besonders nach Injection von etwas Aether in den Magen erheblich steigen.

Function.

Stärkmehl wird in Zucker verwandelt.

Die Function des pankreatischen Saftes bei der Verdauung kann den obenerwähnten Eigenschaften zufolge eine zweifache sein; nämlich Stärkmehl in Zucker umzuwandeln und die Fette zu zersetzen, um sie resorbirbarer zu machen. Dass dieser Saft erstere Function bei der Verdauung wirklich ausübt, ist durch zahlreiche Versuche völlig ausser Zweifel gesetzt worden. Der pankreatische Saft besitzt diese Eigenschaft in weit höherem Grade als der Speichel; verliert sie beim Eintrocknen nicht, ist bei niedern Temperaturen noch wirksam; weder Galle, noch Magensaft, noch auch Strychnin, Morphium, Amygdalin, Aether oder Blausäure hemmen diese Wirkung des Saftes, dagegen wird durch Sieden, durch Essigsäure, Mineralsäuren, Alkalien und Quecksilberchlorid diese Fermentwirkung aufgehoben.

Ein Theil frisches Pankreassecret (mit 0,014 Thl. organischer Substanz) wandelt bei + 37° C. innerhalb ½ St. 4,672 Th. Stärkmehl in Zucker um, also 1 Th. Pankreatin 333,7 Th. Amylon (*C. Schmidt*).

Fette werden nicht dadurch zersetzt und zur Resorption gebracht.

Anders verhält es sich mit der Eigenschaft dieses Saftes, neutrale Fette zu zerlegen; diese verliert derselbe, sobald er mit schwachen, freien Säuren, wie z. B. der des Magensaftes, in Berührung kommt; der pankreatische Saft kann deshalb auch nicht vorzugsweise dazu dienen, die neutralen Fette im Darme zu zerlegen; man findet daher in der That weder im Chymus noch in dem Chylus der Chylusgefässe erhebliche Mengen Fettsäuren, sondern immer die neutralen Fette überwiegend. Auch nach Ableitung des pankreatischen Saftes nach aussen gelangt das mit der Nahrung aufgenommene Fett in denselben Mengen zur Resorption, wie bei freiem Zufluss dieses Saftes zum Darme (*C. Schmidt* und *Lenz*).

Da der pankreatische Saft schon in der Mitte des Dünndarms vollkommen umgewandelt oder resorbirt worden ist, so ist auch nicht anzunehmen, dass im Ileum, wo oft neutrale oder alkalische Reaction des Inhalts eintritt, der neutrale oder alkalische Saft Fette noch zu zerlegen vermöge.

Einwirkung auf Albuminate und Parapeptone.

Nachdem man früher dem pankreatischen Safte jede Einwirkung auf die Albuminate und deren Umwandlung beim Verdauungsprocesse abgesprochen hatte, trat *L. Corvisart*[1] mit der Behauptung auf, dass neutraler, alkalischer und saurer Bauchspeichel für Proteïnkörper ein wahres Verdauungsvermögen besitze, indem er diese in Peptone umwandle. Musste diese Behauptung schon nach den früher gemachten Erfahrungen von *Frerichs*, *Bidder* und *Schmidt* und Andern unwahrscheinlich dünken, so schienen recht sorgfältige

1) *L. Corvisart*, Compt. rend. T. 44, p. 720.

Versuche von *Keferstein* und *Hallwachs*[1]) dieselbe völlig zu widerlegen: allein *G. Meissner*[2]) ist in Folge ausgedehnter Untersuchungen zu folgenden *Corvisart's* Behauptungen theilweise bestätigenden Thatsachen gelangt:

Der pankreatische Saft vermag coagulirte Eiweisskörper vollständig zu verdauen d. h. in lösliche, leicht diffusible Peptone zu verwandeln, ohne dabei Parapeptone zu liefern; diess geschieht aber nur unter folgenden Bedingungen:

Das Secret muss von einer gesunden Drüse herrühren und von völlig normaler Beschaffenheit sein. Soll zu dem Versuche ein Pankreasinfusum angewendet werden, so muss dieses der Drüse eines in Verdauung begriffenen Thiers entlehnt sein.

Ferner: nur schwach saures Pankreasinfusum oder schwach angesäuerter Bauchspeichel besitzt lösende Kraft für die Albuminate.

Die Wirkung des pankreatischen Saftes unterscheidet sich dadurch wesentlich von der des Magensaftes, dass, wie angedeutet, nur Peptone und keine Parapeptone gebildet werden. Bemerkenswerth ist dagegen, dass der pankreatische Saft die Parapeptone in reine Peptone umwandelt.

Da der Inhalt des Duodenums und eines Theils des Jejunums namentlich nach Aufnahme von Albuminaten bekanntlich (s. folg. S.) immer schwach sauer reagirt, so darf man mit *Meissner* wohl einigen Einfluss des pankreatischen Saftes auf die Verdauung der Proteïnkörper als erwiesen ansehen.

Darmsaft.

Eigenschaften. Diese von den schlauchförmigen Drüsen des Darmcanals (Lieberkühn'schen Drüsen und Dickdarmfollikeln) abgesonderte Flüssigkeit ist farblos, fadenziehend, von alkalischer Reaction; an morphotischen Elementen enthält sie granulirte Zellen, Zellenkerne, zuweilen auch etwas Fett und Cylinderepithelium.

Chemische Bestandtheile. Der filtrirte Darmsaft enthält durchschnittlich 3,2% fester Bestandtheile bei Hunden (*Bidder* und *Schmidt*), bei Menschen aus dem obern Theil des Dünndarms entlehnt 3,8 bis 7,4% durchschnittlich 3,47% (*Busch*); er gerinnt nicht beim Kochen, wird durch Essigsäure nicht getrübt. Alkohol schlägt daraus eine organische Substanz nieder, die sich in reinem Wasser wieder auflöst, und deren Lösung weder durch Mineralsäuren noch durch Quecksilberchlorid, wohl aber durch essigsaures Bleioxyd gefällt wird (*Frerichs*).

Gewinnungsweise. Galle- und bauchspeichelfreien Darmsaft erhält man entweder durch Unterbindung von Darmschlingen, aus denen man vorher durch Pres-

1) *Keferstein* und *Hallwachs*, Gött. gel. Anz. 1858, S. 80.

2) *G. Meissner*, Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. Bd. 7, p. 1—28.

sen den Inhalt möglichst entfernt hatte, oder aus Darmfisteln von Thieren, deren Galle und Bauchspeichel durch Fistelbildung nach aussen abgeleitet werden.

Absonderungsgrösse.

Die Menge des gesammten in gewissen Zeiten abgesonderten Darmsaftes lässt sich nicht genau bestimmen; doch hat man beobachtet, dass 5 bis 6 Stunden nach der Mahlzeit in den Dünndarm am reichlichsten Saft sich ergiesst, und dass nach Aufnahme von Getränk sich die Menge desselben sehr vermehrt.

Function.

Der Darmsaft dient rücksichtlich seiner Function gleichsam als Ersatz für die schon in der Mitte des Dünndarms unwirksam werdenden Verdauungssäfte, nämlich des Magensaftes und Bauchspeichels; er besitzt nämlich nicht blos, wie der letztere, die Fähigkeit, Stärkmehl sehr schnell in Zucker zu verwandeln, sondern auch Fleisch und andere Proteïnkörper trotz seiner alkalischen Reaction aufzulösen und resorbirbar zu machen (*Bidder* und *Schmidt*, *Busch*). In unterbundenen Darmschlingen, in welche man Stärkmehl oder Kleister gebracht hat, war schon nach 3 Stunden alles Stärkmehl in Zucker verwandelt und grösstentheils resorbirt. Rohrzucker wird durch Darmsaft nicht in Krümelzucker verwandelt (*Busch*). Fleischstücke oder geronnenes Eiweiss verschwinden aus solchen Darmschlingen nach 6 bis 14 St. (*Bidder* und *Schmidt*). Auf die Fettresorption ist dieser Saft ohne allen Einfluss (*Busch*).

Stärkmehl wird in Zucker verwandelt, und geronnene Proteïnkörper aufgelöst.

Darminhalt.

Allgemeine Constitution.

Der Darminhalt besteht selbst nach dem Genusse ziemlich einfacher Nahrungsmittel aus einem Gemenge unverdauter, unverdaulicher und bereits umgewandelter und zersetzter Stoffe, denen theils unzersetzte, theils bereits metamorphosirte Bestandtheile der Verdauungssäfte beigemischt sind.

Reaction auf Pflanzenfarben.

Die Reaction des Darminhalts ist verschieden je nach der Stelle des Darmcanals, der er entlehnt ist, und je nach der Art der genossenen Nahrungsmittel. Der Inhalt des Magens röthet im normalen Zustande Lakmus stets, welche Nahrungsmittel auch genossen worden sein mögen; auch die Contenta des Duodenums reagiren trotz Zuflusses von Galle und Bauchspeichel noch sauer, jedoch weit minder intensiv; im Jejunum trifft man gewöhnlich noch schwach saure Reaction, während der Inhalt des Ileums neutral oder alkalisch ist, letzteres namentlich gegen das Coecum hin. Nach reinem Fleischgenuss pflegt aber die saure Reaction schon wenig unterhalb des Duodenums zu verschwinden und es tritt bald alkalische Reaction ein; nach Aufnahme vegetabilischer Nahrungsmittel erstreckt sich die saure Reaction oft bis über die Mitte des Dünndarms hinab, ja nach Zuckergenuss reicht sie bis ans Coecum. *Busch* fand besonders nach Milchgenuss den Dünndarminhalt stark

sauer; nach Fettaufnahme gewöhnlich sauer, nur zuweilen alkalisch, im letztern Falle aber das Fett in die feinste Emulsion verwandelt. Der Dickdarminhalt reagirt in der Regel alkalisch, doch kommt es hier nicht selten vor, dass die äusseren der Darmfläche nahe gewesenen Theile alkalisch reagiren, während die inneren Theile desselben stark saure Reaction zeigen.

Ursachen der verschiedenen Reaction.

Dass die saure Reaction des Mageninhalts hauptsächlich von der freien Säure des Magensaftes, sei diese Salzsäure oder Milchsäure, herrühre, kann nicht bezweifelt werden; dieselbe Quelle hat auch die Säure, die wir im Duodenum finden, doch mögen dort die freigewordenen, noch unzersetzten Gallensäuren die Reaction eigentlich bedingen. Die freie Säure, die wir nach stärkmehl- und zuckerreichen Nahrungsmitteln im Dünndarme finden, ist directen Untersuchungen zufolge Milchsäure. Im Coecum und Colon findet nicht selten wahre Buttersäuregährung aus Stärkmehl und Zucker statt; daher die saure Reaction der innern Theile solcher Contenta. Dass die alkalische Reaction, wo sie auftritt, hauptsächlich von den alkalischen Verdauungssäften herrührt, bedarf kaum der Erwähnung; nur im Colon mag zuweilen Ammoniakbildung dieselbe mit bedingen.

Chemische Bestandtheile.

Zucker.

Wegen der schnellen Resorption lassen sich aus den Darmcontenta nur wenig lösliche Substanzen ausziehen; am häufigsten stossen wir auf Zucker, der von nichts anderem als dem Stärkmehlgehalte vegetabilischer Nahrungsmittel herrührt. Schon im Duodenum, wie selbst im Mageninhalte ist nach Stärkmehlgenuss Zucker nachweisbar. Ebenso findet sich derselbe noch im ganzen Verlaufe des Dünndarms bis zum Coecum. Nur wenn grosse Mengen Rohrzucker aufgenommen worden sind, findet man im oberen Theile des Dünndarms noch geringe Mengen desselben; er wird schnell zum grössten Theil in Krümelzucker verwandelt.

Gerinnbare Proteïnkörper.

Häufig trifft man im wässrigen Auszuge des Dünndarminhalts, möge animalische oder vegetabilische Nahrung genossen worden sein, Spuren coagulirbarer Proteïnkörper an; da die mit der Nahrung aufgenommenen Proteïnstoffe meist in lösliche, nicht gerinnbare Materien (Peptone) durch die Verdauung verwandelt werden und da der coagulirbare Stoff des pankreatischen Saftes bald wieder aus dem Darme verschwindet, jene Spur coagulablen Stoffs sich aber selbst bei stickstofffreier Kost im Darme vorfindet: so ist nicht unwahrscheinlich, dass jene geringe Menge Albumins in Folge endosmotischer Strömungen aus dem Blute ausgetreten sei. Nach Genuss von coagulirten Proteïnkörpern findet sich aber nie eine grössre Menge coagulabler Materie, welche von der Umwandlung der eingenommenen coagulirten Albuminate abgeleitet werden könnte.

Dextrin und Peptone.

Dextrin und Peptone sind nur in höchst geringen Mengen nachzuweisen.

Gallensäuren. Im alkoholischen Extracte der Darmcontenta findet man ausser Zucker, den freien Säuren und deren Alkalisalzen, Gallenbestandtheile. Im Duodenum und unweit desselben lassen sich noch die gepaarten Gallensäuren nachweisen; je weiter man aber im Dünndarm herabgeht, desto weniger findet man von diesen, dafür aber Choloïdinsäure und Dyslysin; im Dickdarm findet man meist nur noch in Aether lösliche Stoffe, die mit Schwefelsäure und Zucker die bekannte Gallenreaction geben, und endlich noch geringe Mengen von Taurin. Besondern Versuchen zufolge ist bis zur Mitte des Dünndarms schon die Hälfte der in den Darm ergossenen Galle zerlegt (*Bidder* und *Schmidt*).

Taurin.

Fett. Fett findet man sehr oft im ganzen Verlaufe des Darmcanals besonders nach animalischer Nahrung; bei fettreicher Nahrung geht Fett sehr gewöhnlich noch in die Excremente über.

Cholesterin. Cholesterin ist ebenfalls in den Darmcontenta constant nachweisbar, wiewohl immer in sehr geringen Mengen.

Gallenpigmente. Das Gallenpigment erleidet im Darmcanale allmälig dieselben Veränderungen, die wir an ihm bei der Fäulniss der Galle wahrnehmen. Die gelbe Farbe der Excremente rührt von ganz verändertem Gallenpigment her.

Die in den neutralen Menstruis unlöslichen Bestandtheile der Darmcontenta bestehen theils aus den von den Verdauungssäften herrührenden Zellenbildungen, theils aus unverdauten oder unverdaulichen Speiseresten.

Stärkmehlkörner. Die Stärkmehlkörner sind um so kleiner, je tiefer sie in den Darmcanal hinabgelangt sind; oft findet man nur einzelne Häute derselben, gleich losen, geplatzten Blasen (s. Fig. 49).

Muskelfasern. Die Muskelfasern finden sich in den verschiedensten Phasen ihrer Umwandlung; oft findet man noch im Colon unveränderte Muskelprimitivbündel, dann kleinere parallelopipedische Stücke, an denen noch Querstreifung wahrzunehmen ist, die häufig nur an feiner, paralleler Punktirung zu erkennen ist; ferner treten anstatt der Querstreifung mehr Längsstreifen hervor; endlich bleibt eine hyaline Masse übrig, die nur an der parallelen Gruppirung einzelner hervortretender Punkte als Rudiment der Muskelfaser zu erkennen ist.

Knochenreste werden bei Hunden in den verschiedenen Parthien des Darmtractus oft gefunden.

Hefezellen kommen sehr gewöhnlich nach dem Genusse gebackner Nahrungsmittel vor.

Nach vegetabilischer Nahrung sind fast alle morphotischen Bestandtheile des Pflanzengewebes zu erkennen; die Chlorophyllzellen bleiben gänzlich unverändert, die Parenchymzellen sind nur zuweilen isolirt; Spiralgefässe namentlich in den Excrementen oft wie praeparirt (s. Fig. 49).

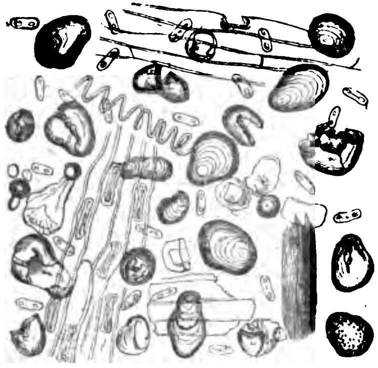


Fig. 49.

Dünndarm-inhalt.

Das hier verzeichnete Object ist aus dem Dünndarme eines Kaninchens entlehnt. Man sieht hier die Stärkmehlkörnchen in den verschiedensten Phasen ihrer Umwandlung, bis zu den hohlen, entleerten Blasen desselben, Epidermoidalgewebe mit Spaltöffnungen, Prosenchymzellen, Spiralgefässe und die gewöhnlichen Eingeweidewürmer von Kaninchen, welche kleinen Algen mit zwei Kernen gleichen.

Gase.

Die Gase, welche wir normaler oder abnormer Weise im Magen und Darmcanale finden, haben ihren Ursprung theils in der beim Kauen und Einspeicheln der Nahrung beigemengten atmosphaerischen Luft, theils in Zersetzungen der Darmcontenta. Darnach zeigen sich auch die Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der aus verschiedenen Darmparthien entlehnten Luft.

Im Gasgemenge des Magens findet man daher noch etwas Sauerstoff und ziemlich viel Kohlensäure neben Stickstoff mit Spuren von Wasserstoff; schon im Dünndarme ist aller Sauerstoff verschwunden, dagegen sehr viel Wasserstoff und Kohlensäure vorhanden; letztere Gase sind offenbar durch Zersetzung entstanden; ein Theil der Kohlensäure mag auch aus dem Blute ausgetreten sein. Im Dickdarme, wo sich die im Ileum begonnenen Zerzetzungsprocesse nicht bloss fortsetzen, sondern auch intensiver werden, finden deshalb auch häufigere Luftansammlungen statt. Hier treten zu der Kohlensäure und dem Stickstoff meist noch sehr erhebliche Mengen Kohlenwasserstoff nebst geringen Mengen Schwefelwasserstoff (*Magendie* und *Chevreul, Valentin*).

Darminhalt des Foetus.

Was den Darminhalt des Foetus betrifft, so ist derselbe natürlich ebenfalls verschieden je nach der Stelle des Darmes, der er entlehnt ist. Im Dünndarme des menschlichen Foetus (vom fünften Monate an) findet sich eine hellgelbliche Masse von neutraler oder schwach saurer Reaction; dieselbe besteht grösstentheils aus Epithelialgebilden und Schleim (89 bis 96% des festen Rückstandes); das aetherische Extract derselben besteht aus Oelsäure, Margarinsäure und etwas noch verseifbarem Fett; im alkoholischen Extracte findet man Spuren harziger Gallensäuren und Gallenpigments. Ausserdem trifft man viel Chloralkalien und eine dem Caseïn ähnliche Substanz an.

Mekonium.

Der Inhalt des Dickdarms des sieben- bis neunmonatlichen Foetus gleicht fast vollkommen dem nach der Geburt entleerten Mekonium; er bildet braungrüne, fast schwarze, ziemlich compacte Massen, ohne Geruch und auffallenden Geschmack, an der Luft leicht faulend. Me-

konium wie Dickdarminhalt sind meist von schwach saurer Reaction, selten neutral; sie enthalten hauptsächlich (unter dem Mikroskop grün gefärbt erscheinendes) Cylinderepithelium, Schleim und Fett, worunter viel Cholesterin; weder Gallensäuren noch Gallenpigment sind nachweisbar, so auch keine durch Hitze oder Essigsäure fällbare Materie.

Erbrochenes.

Darmcontenta werden oft durch Erbrechen entleert und zeigen dann nicht selten Charaktere, die wir am normalen Darminhalt nicht vorfinden. Dass das Erbrochne aus unverdauten und halbverdauten Nahrungsmitteln nebst beigemengten Verdauungssäften besteht, bedarf kaum der Erwähnung. Es ergiebt sich aber hieraus von selbst, dass, je später nach Aufnahme der Nahrungsmittel das Erbrechen erfolgt, diese um so veränderter sein werden. Die Umwandlungen, welche die erbrochenen Stoffe zeigen, können nun normale oder abnorme sein, d. h. wir können die gewöhnlichen Umwandlungsformen an den einfachen Nahrungsmitteln wahrnehmen, die bei normaler Verdauung gefunden werden, oder andre Producte einer sauren Gährung. Erfolgt das Erbrechen längere Zeit nach Aufnahme der Nahrungsmittel, so dass auch der Duodenalinhalt mit entleert wird, so finden wir nicht bloss die Animalien verändert, sondern auch die Vegetabilien. Häufiger haben aber die Speisen abnorme Veränderungen erlitten; namentlich ist dann das Stärkmehl und der daraus gebildete Zucker den mannichfachsten Gährungsprocessen unterlegen; einmal ist Milchsäure, ein andermal Essigsäure gebildet, oft tritt auch Buttersäure auf; zuweilen sind die erwähnten Kohlenhydrate in eine farblose, fadenziehende Masse verwandelt. Der verschiedene Grad der Zersetzung des von krankhafter Magenschleimhaut abgesonderten Secrets mag die Ursache der Verschiedenheit dieser Gährungsprocesse sein, deren Resultate wir in dem Erbrochenen finden. Ausser den Hefepilzen, die in dem Erbrochenen nichts seltenes sind, kommen auch zuweilen mikroskopische Algen vor; diese bilden Platten, welche aus einer grössern oder geringern Zahl viertheiliger Zellen bestehen (letztere im Durchmesser ungefähr $\frac{1}{800}$ bis $\frac{1}{500}$'''); sie gleichen abgeschnürten Paketen, wurden ursprünglich Sarcina ventriculi genannt, sind aber wahrscheinlich identisch mit Merismopedia punctata *Meyen* und Gonium tranquillum und glaucum *Ehrenb.* Für eine besondere Magenaffection sind sie nicht charakteristisch.

Abnorme Gährungsprocesse im Darme.

Sarcina ventriculi.

Wässrige erbrochene Massen.

Flüssige, sehr wässrige Materien werden oft ausgebrochen, ohne dass Nahrungsmittel vorher genossen worden waren. Zuweilen rührt diese Flüssigkeit nur von Speichel her, welcher sich allmälig im Magen angesammelt hat; dann reagirt die Flüssigkeit oft alkalisch. Nicht selten aber findet auch Erbrechen einer wässrigen Flüssigkeit statt, die stark sauer reagirt; die Natur der freien Säure ist in solchen Fällen noch nicht exact untersucht worden.

Die reiswasserähnlichen Flüssigkeiten, welche in der Cholera erbrochen werden, sind von schwachem, aber widrigem Ge-

ruche, setzen weisse Flocken von Schleim und Epithelien ab. Die Flüssigkeit enthält wenig organische Stoffe gelöst, hauptsächlich Chlornatrium mit etwas schwefelsaurem Alkali. Im Beginn der Krankheit enthält die Flüssigkeit freie Buttersäure und Essigsäure; ist das Erbrochene frei von Speiseresten, so findet man bei saurer oder neutraler Reaction stets Harnstoff in der Flüssigkeit; ist diese alkalisch, wie sie bei bereits eingetretener Uraemie zu sein pflegt, so sind Ammoniaksalze und hauptsächlich kohlensaures Ammoniak vorhanden. Albumin findet sich in den sauren Flüssigkeiten spärlich, in den alkalischen etwas reichlicher.

Abnorme Stoffe. Harnstoff. Ammoniaksalze.

Gallige Substanzen geben sich im Erbrochenen meist durch die grüne Färbung der Masse zu erkennen.

Gallige Substanzen.

Blut im Erbrochenen ist nicht immer an der rothen Farbe und durch den Gehalt an Blutkörperchen zu erkennen; oft werden kaffeesatzähnliche oder chocoladenfarbene Massen erbrochen, wenn das Blut längere Zeit im Magen verweilt hat; doch findet man dann immer noch rudimentäre Blutkörperchen und beim Einäschern der Massen grossen Eisenreichthum.

Blut.

Zucker findet sich nicht selten im Erbrochenen; besonders soll er aber in dem von Diabetikern vorkommen.

Zucker.

Fett wird nicht selten im Erbrochenen gefunden.

Fett.

Nach dem, was bereits oben über die Contenta des Dickdarms gesagt worden ist, dürfte es kaum nöthig sein zu bemerken, dass die festen Excremente, die Faeces, bald mehr bald weniger aus unverdaulichen Speiseresten, Pflanzenzellgewebe, Sehnen, Häuten, Muskelprimitivbündeln u. dergl. bestehen, dass sie nur Spuren von zersetzten Gallenbestandtheilen enthalten, dass sie nicht arm an Epithelien, Schleim sind u. s. w. Der üble Geruch der Excremente scheint grösstentheils von zersetzter Galle und Schleim herzurühren; ihre Reaction ist meistens sauer, sehr oft auch alkalisch oder neutral. Die normalen menschlichen Excremente enthalten ungefähr 25% fester Bestandtheile (schwankend zwischen 7 und 31%).

Feste Excremente.

Ein Erwachsener entleert durchschnittlich etwa 150 grm. Faeces (schwankend zwischen 70 und 310 grm.) also mit diesen etwa 38 grm. fester Bestandtheile (schwankend zwischen 16 und 57 grm.) (*Wehsarg* und *Ihring*).

Mengen der täglich entleerten festen Excremente.

Die festen Excremente enthalten durchschnittlich sehr wenig lösliche Salze; während die getrockneten Faeces des Menschen etwa 6,7% Mineralbestandtheile liefern, finden wir in diesen nur 1,54 Th. (23% der Asche) lösliche Salze.

Bestandtheile. Wenig lösliche Salze.

Nur wenn die Speisen den Darmcanal abnormer Weise schnell durchlaufen, gehen grössere Mengen Salze mit denselben durch das Rectum ab. In den Excrementen ist in der Regel die Talkerde dem Kalk gegenüber vorwaltend, d. h. die Kalksalze scheinen im Darme reichlicher absorbirt zu werden, als die Talkerdesalze; daher ist in den

Viel phosphorsaure Talkerde.

Excrementen das Verhältniss der Talkerde zum Kalk meist wie 1 : 2 oder 2½, während viel mehr Kalk in den Nahrungsmitteln enthalten ist. Kalk und Talkerde sind in den Faeces des Menschen und der Fleischfresser an Phosphorsäure gebunden. Phosphorsaures Talkerde-Ammoniak ist ein gewöhnlicher mikroskopisch leicht nachweisbarer Bestandtheil der Excremente (bei neutraler oder alkalischer Reaction derselben); dieses Salz rührt nicht bloss vom Talkerdegehalt der Nahrungsmittel her, sondern entsteht auch durch Zersetzung des Schleims, namentlich bei Diarrhoeen im Typhus, der Cholera u. s. w.

Kieselsäure.

Etwas Kieselsäure entweder als Sand oder als Gerüst unlöslicher Pflanzengewebe findet sich fast immer in den Excrementen.

Unzersetzte Galle.

Unzersetzte Gallenbestandtheile findet man in den Faeces nur, wenn die Contenta den Darm schnell durchlaufen, also bei katarrhalischen Diarrhoeen, nach salinischen Abführmitteln u. s. w. Taurin findet sich immer in den Excrementen. Frei von Galle sind die Excremente bei Verschliessung der Gallencanäle; sie sind dann schmutzig weissgrau, von sehr widrig fauligem Geruche und fettreicher als gewöhnlich.

Gelbe Excremente der Säuglinge.

Die hellgelben, halbflüssigen Excremente der Säuglinge enthalten sehr viel Fett, ziemlich viel geronnenen aber noch unverdauten Käsestoff, Gallenfarbstoff noch so wenig zersetzt, dass er mit Salpetersäure das bekannte Farbenspiel giebt, auch Gallensäuren, die mit Zucker und Schwefelsäure die bekannte Reaction geben; an Epithelien fehlt es auch nicht.

Grüne Excremente.

Zuweilen sind die Excremente grün; und zwar nach reichlichem Erguss der Galle in den Darm, namentlich wenn gleichzeitig viel freie Säure in demselben enthalten ist; daher gewöhnlich beim Ikterus der Neugebornen. Die Farbe rührt vom Gallenpigment her; neben diesem finden sich auch noch wenig veränderte Gallensäuren.

Bekannt sind die grasgrünen Stuhlgänge nach Kalomelgebrauch; in solchen findet man Schwefelquecksilber, von dem bei seiner feinen Vertheilung die Farbe wenigstens zum Theil abhängig sein mag; es findet sich aber auch mehr unveränderte Galle in solchen Excrementen, als gewöhnlich.

Nach längerem Gebrauche von Eisenpraeparaten oder eisenhaltigen Mineralwässern sind die Excremente oft schwarz oder grün gefärbt; hier rührt die Farbe wesentlich von Einfachschwefeleisen her. Löst man Eisenoxydulalbuminat in Aetzkali und leitet Schwefelwasserstoff zu, so erhält man eine intensiv stahlgrüne Flüssigkeit von suspendirtem Schwefeleisen.

Grün erscheinen die Excremente auch nach Gebrauch von Indigo; schwarz nach Genuss von Heidelbeeren; lichtgelb nach dem Gebrauche von Rheum, Gummigutt und Safran.

Fettreiche Excremente.

Fettreicher als gewöhnlich findet man die Excremente zuweilen bei Consumtionskrankheiten.

Zucker trifft man zuweilen in den Faeces von Diabetikern. Zuckerhaltige,

Schwarz, chocoladenfarben, theerartig werden die Stühle gefunden, wenn Blut in denselben enthalten ist und dieses noch von dem obern Theil des Darmcanals herrührt; auch die halbflüssigen, grünen Excremente, die man zuweilen im Typhus und andern Krankheiten beobachtet, rühren von Blut her, welches mikroskopisch leicht zu erkennen ist. blutige Excremente.

Lösliches Albumin findet sich in den Stuhlgängen bei Dysenterie, Typhus und zuweilen auch in der Bright'schen Krankheit und Cholera. Albumin.

Die grössten Massen von Epithelialgebilden findet man in den Dejectionen bei Cholera.

Cytoïde Körperchen sind sehr häufig in den Excrementen bei katarrhalischen Diarrhoeen, in der Dysenterie und zuweilen bei Typhus und Cholera. Cytoïde Körperchen.

Glasartiger Schleim wird in den Excrementen bei Dickdarmkatarrh beobachtet; er rührt von den Follikeln des Colons her und enthält runde oder ovale, blasse oder granulirte Zellen und Zellenkerne. Schleim.

Fibrinöse Exsudate kommen bei Follicularverschwärung und Dysenterie in den Faeces vor. Exsudate.

Die Darmconcremente, welche besonders häufig bei Herbivoren beobachtet werden, bestehen meist aus phosphorsaurer Talkerde-Ammoniak und kohlensaurem Kalk. Darmconcremente.

Bezoare sind Darmconcremente verschiedener dem Geschlechte der Ziegen oder Gazellen angehöriger Thiere, welche theils aus phosphorsaurem Talkerde-Ammoniak und phosphorsaurem Kalk, theils aus Lithofellinsäure, theils aus Ellagsäure bestehen. Bezoare.

Hautsalbe.

Wir betrachten hier nicht bloss die Secrete der über die ganze Haut verbreiteten Talgdrüsen, sondern zugleich auch die der Meibom'schen Drüsen, der Ohrenschmalzdrüsen, das Smegma praeputii, das Castoreum und die Vernix caseosa.

Alle diese Secrete enthalten mehr oder weniger morphotische Elemente, darunter vorzüglich kleinzelliges Epithelium aus den Hautdrüschen; gewöhnlich sind auch Epithelialzellen der Oberhaut beigemengt. Ausserdem finden sich in diesen Secreten, und zwar vorzugsweise in der Augenbutter und dem Ohrenschmalz, eigenthümliche, ovale, eckige oder rundliche Zellen von $\frac{1}{200}$ bis $\frac{1}{140}'''$, welche neben einem blassen Kern mit Kernkörperchen kleine dunkle, scharf contourirte Körnchen und einige deutliche Fetttröpfchen enthalten. Bei entzündlicher Reizung der Follikel werden auch cytoïde Körperchen (Schleim oder Eiterkörperchen) abgesondert. Epithelien. Zellen.

Unter den chemischen Bestandtheilen der Hautsalbe findet sich

Proteïnsubstanz. stets eine noch nicht näher untersuchte Proteïnsubstanz, von welcher in der Vernix caseosa 4%, im Smegma praeputii über 5%, im canadischen Bibergeil 5,8% enthalten sind.

Fette und Seifen. Neutrale Fette sind in reichlicher Menge vorhanden; in der Vernix caseosa fand man 47,5%, im Smegma praeputii 52,8%, im canadischen Castoreum 8,2%.

Flüchtige Fettsäuren kommen in diesen Secreten nicht vor.

Im Smegma praeputii findet sich etwas Cholesterin, im Bibergeil das sog. Castorin (vergl. S. 132).

Im Praeputialsecrete ist eine Ammoniakseife enthalten.

Im Castoreum finden sich besonders harzartige Stoffe, die jedoch noch nicht genauer untersucht sind; im frischen deutschen Bibergeil wurden davon 67,7%, im russischen 64,3%, in einem canadischen 41,34% gefunden.

Mineralstoffe. An löslichen Mineralstoffen ist nur wenig in diesen Secreten enthalten; sie bestehen aus Chlornatrium, Salmiak und phosphorsaurem Natron-Ammoniak; grösser ist die Menge der Erdphosphate (in der Vernix caseosa 6,5%, im Praeputialsecrete des Menschen 9,7%).

Wie sich fast von selbst versteht, ist der Wassergehalt dieser Secrete sehr wechselnd.

Von Phenylsäure ist eine Spur im Castoreum gefunden worden (vergl. S. 128).

Im Praeputialsecrete der Pferde und im Castoreum ist Hippursäure und oft auch Benzoësäure enthalten.

Im Castoreum findet sich viel schwefelsaurer Kalk, im Praeputialsmegma des Pferdes kohlensaurer und oxalsaurer Kalk.

Schweiss.

Eigenschaften. Die Flüssigkeit, wie sie sich auf der Haut eines Schwitzenden in Tropfen sammelt, ist farblos, schmeckt salzig, hat verschiedenen Geruch, ist arm an festen Bestandtheilen, röthet frisch stets Lakmus.

Gewinnungsweise. Zur Untersuchung des Schweisses verschafft man sich das nöthige Material meistens dadurch, dass man den von reinen Schwämmen oder Geweben aufgesogenen Schweiss mit Wasser auszieht oder, wenn die Zeuge sehr feucht sind, auspresst. Um grössere Mengen Schweisses zu sammeln, bringt man am besten den Arm in einen luftdicht schliessenden Apparat von Glas, Gutta percha u. dergl. ein.

Bestandtheile. Epithelien. Dem normalen Schweisse sind gewöhnlich viel Epithelien beigemengt, so dass er, in grösern Mengen gesammelt, ganz trüb, fast milchig erscheint.

An festen Bestandtheilen enthält der Schweiss nach den Bestimmungen verschiedener Forscher 0,5 bis 2,2%, d. h. an solchen, die

sich beim Verdunsten nicht verflüchtigen. Unter diesen nicht flüchtigen Bestandtheilen sind Chlornatrium und Chlorkalium überwiegend, so dass sie mehr als die Hälfte des festen Rückstandes ausmachen.

Chloralkalien.

Phosphorsaure Alkalien finden sich im Schweisse nicht; auch Ammoniak und Ammoniaksalze kommen im frischen Schweisse niemals vor, sondern bilden sich erst durch Zersetzung stickstoffhaltiger Bestandtheile desselben; auch Ammoniakalkaloïde finden sich selbst in übelriechendem alkalischem Schweisse nicht.

Erdphosphate und Eisenoxyd, die man constant in der Schweissasche vorfindet, dürften nur von den dem Schweisse beigemengten Epithelien herrühren.

Fett.

Dass das Fett des Schweisses nicht bloss von den Talgdrüsen herrührt, sondern auch von den Schweissdrüsen mit abgesondert wird, geht daraus hervor, dass auch in dem Schweisse der Hohlhand, welche bekanntlich keine Talgdrüsen enthält, immer ein wenig Fett gefunden wird (*Krause, Meissner*).

Flüchtige Fettsäuren.

Die wesentlichsten Bestandtheile des Schweisses sind die flüchtigen Säuren, unter denen die Ameisensäure vorwiegt; geringer ist die Menge der Essigsäure und am geringsten die der Buttersäure. Ob auch Metacetonsäure und Capronsäure im Schweisse vorkommen, ist noch unentschieden.

Milchsäure ist im Schweisse nicht enthalten, wohl aber will man darin noch eine eigenthümliche, stickstoffhaltige Säure, $C_{10}H_8NO_{13}$, gefunden haben.

Harnstoff.

Harnstoff kommt in geringen Mengen auch im Schweisse Gesunder vor (*Favre, Picard, Funke*); gewiss ist, dass bei Nierenaffectionen und besonders bei ausgebildeter Uraemie im Schweisse, namentlich dem des Gesichts, sehr viel Harnstoff enthalten ist (*Schottin*).

Funke hat in einer Reihe sorgfältiger Versuche über die durch den Schweiss excernirten Harnstoffquantitäten das interessante Resultat erlangt, dass die ausgeschiedenen Mengen dieses Stoffs in ähnlicher Weise wie beim Harn von den ausgeschiedenen Wassermengen abhängig sind, dass dabei jedoch die Menge des ausgeschiedenen Harnstoffs nicht in einer der ausgeschiedenen Wassermenge entsprechenden Proportion wächst, und dass nach anhaltendem Schwitzen die Menge des Harnstoffs im Schweiss sich ausserordentlich verringert.

Ob Albumin, Harnsäure und Zucker im Schweisse vorkommen können, ist durch sichre Beobachtungen noch nicht dargethan.

Farbstoffe.

Die Farbstoffe, die man in seltneren Fällen im Schweisse beobachtet hat, sind völlig unbekannt.

Andre zufällige Bestandtheile.

Nur einige Stoffe gehen mehr oder weniger leicht in den Schweiss über, sehr leicht Benzoësäure und Zimmtsäure, weniger leicht Weinsäure und noch schwieriger Iodkalium (*Schottin*). Nach Aufnahme von Tellur in den Organismus geht eine noch nicht genauer untersuchte, flüchtige Tellurverbindung in den Schweiss über (*Wöhler*).

Salicin, Chinin und Milchzucker konnten im Schweisse nicht wieder gefunden werden (*Schottin*).

Gase.

Nächst der tropfbarflüssigen Absonderung beobachtet man durch die Schweissdrüsen auch eine Gasausscheidung, nämlich von Stickstoff und Kohlensäure.

Das Verhältniss zwischen beiden Gasen ist variabel, doch scheint auf 2 Vol. Kohlensäure 1 Vol. Stickstoff gewöhnlich ausgehaucht zu werden. (*Abernethy*).

Absonderungsgrösse.

Ueber die Grösse der Hautaussonderung haben die bisherigen Versuche noch nicht zu exacten Resultaten geführt; doch scheint die Hautaussonderung zur Lungenexhalation ungefähr in dem Verhältniss von 7 : 12 zu stehen.

Diess Verhältniss ist jedoch bei verschiedenen Thieren gewiss sehr verschieden. So werden z. B. bei Fröschen durch die Haut meist mehr Gase abgesondert, als durch deren Lungen (*Regnault* und *Reiset*).

Nach sehr ungefähren Berechnungen, auf wenig exacte Beobachtungen begründet, scheint ein Erwachsener im Dampfbade innerhalb einer Minute etwa 25 grm. tropfbarflüssigen Schweiss abzusondern.

Der alkalisch reagirende Saft, den gereizte Individuen von Bufo cinereus aus der Haut spritzen, enthält ungefähr 0,5% Harnstoff (*Hautz*).

Der ähnliche Saft von Lacerta Salamandra soll dagegen nach *Gratiolet* und *Cloëz* sauer reagiren und auf die menschliche Haut röthend wirken.

Harn.

Der Harn ist eine vom thierischen Organismus durch die Nieren ausgeschiedene Flüssigkeit, welche gewisse bei der thierischen Stoffmetamorphose unbrauchbar gewordene oder dem Thierkörper von aussen zugeführte, den thierischen Functionen aber unzuträgliche, auflösliche, stickstoffhaltige und salzige Stoffe enthält. Es ergiebt sich hieraus von selbst, dass der Harn je nach den äussern oder innern Verhältnissen des Organismus mancherlei Verschiedenheiten in den physischen wie in den chemischen Eigenschaften zeigen wird.

Eigenschaften.

Der normale menschliche Harn hat gewöhnlich folgende Beschaffenheit: er ist licht- oder dunkelbernsteingelb, vollkommen klar und durchsichtig, schmeckt bitterlich salzig, riecht schwach aromatisch, ist schwerer als Wasser (jedoch normaler Weise nicht mehr als 1,03), röthet Lakmus deutlich.

Saure Harngährung.

In reinen Gefässen zersetzt sich der Harn nicht leicht; bei ruhigem Stehen pflegt er ein geringes Schleimwölkchen abzusetzen; bei längerm Stehen wird er nicht nur nicht alkalisch, sondern seine saure Reaction nimmt zu (saure Harngährung); es scheiden sich dann gelbrothe, gelbe oder rothe Krystalle theils in rhombischen Tafeln theils in vierseitigen Prismen ab (s. Fig. 7 u. 8 S. 78 u. 80).

Später, oft erst nach mehreren Wochen, besonders aber bei höherer

Temperatur, grossem Wassergehalt und Reichthum an Schleim, bedeckt sich der Harn mit einem dünnen, fettglänzenden oder irisirenden Häutchen, von welchem Bruchstücke sich zu Boden senken; dem schleimigen Sedimente mischen sich schmutzig gelbweisse Flocken bei, die Farbe des Harns verblasst, seine Reaction wird alkalisch (alkalische Harngährung, s. Fig. 10 S. 81). Er beginnt einen widrigen ammoniakalischen Geruch zu entwickeln; im schleimig weissgrauen Sedimente werden weisse Körnchen und farblose, starklichtbrechende prismatische Krystalle sichtbar (s. Fig. 12 S. 82).

Alkalische Harngährung.

An morphotischen Bestandtheilen findet man im Harne am gewöhnlichsten Pflasterepithelium, namentlich aus der Harnblase; in grössern Mengen kommt dasselbe nur bei Blasenkatarrh vor, besonders solchem, wie er bei Scarlatina einzutreten pflegt.

Morphotische Bestandtheile.

Schleimkörperchen sind in der Regel auch in der schleimigen Wolke solchen Harns, der einige Zeit gestanden hat, zu entdecken. Bei Blasenkatarrhen, Pyelitis, Gonorrhoeen, Prostataleiden vermehren sich die Schleimkörperchen oft so, dass sie den Harn trüb und milchig machen.

Schleimkörperchen.

Nur in krankhaftem Harn finden sich jene schlauchförmigen oder cylindrischen Körper, welche aus den Harncanälen herrühren; man kann drei Arten derselben unterscheiden; nämlich erstens solche, welche aus dem Epithelialüberzuge der Bellini'schen Röhrchen bestehen, an denen die kleinen Zellen mit ihren Kernen wie honigwabenförmig gruppirt erscheinen; im Beginne der *Bright*'schen Krankheit und im Desquamationsstadium bei Erysipelas und Scarlatina am gewöhnlichsten beobachtet. Die zweite Art der Cylinder besteht aus frischem, meist granulirt erscheinendem Exsudat, in welchem mehr oder weniger Blut- und Eiterkörperchen zu erkennen sind. Eine dritte Form solcher Cylinder gleicht hyalinen Röhren, die ihrer Durchsichtigkeit halber oft schwer zu erkennen sind; sie sind reine Faserstoffcoagula.

Harncylinder.

Samenfäden finden sich im Harn am häufigsten nach Pollutionen oder Ausübung des Coitus (s. Fig. 2 S. 47), so wie auch bei Leiden der Prostata.

Samenfäden.

Blutkörperchen werden bei Entzündungen der uropoëtischen Organe häufig im Harn gefunden; nur unter ähnlichen Verhältnissen findet man auch grössere Fibrincoagula.

Blutkörperchen. Fibrincoagula.

Eine Art Fadenpilz, nicht unähnlich der Mykoderma cerevisiae, nur erheblich kleiner ($^1/_{280}$ bis $^1/_{330}$'''), finden sich nicht bloss in Harn, der längere Zeit gestanden hat, sondern zuweilen auch in ganz frisch gelassenem Harne, wenn nämlich bei Katarrh der Harnblase schon innerhalb derselben Zersetzung des Harns eingeleitet worden ist (s. Fig. 50); Vibrionen und Monaden finden sich unter ähnlichen Verhältnissen im Harn (s. Fig. 50).

Fadenpilze. Vibrionen.

Auch die Sacrina ventriculi Goodsir ist einige Male im Harn gefunden worden (vergl. S. 272).

Sarcina.

Es ist möglich, dass die Sarcina des Harns eine andre Species ist, als die des Magens (*Welcker*).

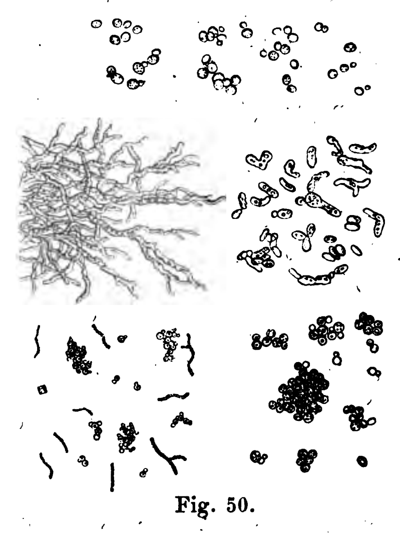


Fig. 50.

In der Gruppe links unten sind die Harnhefepilze und Vibrionen dargestellt, wie sie sich namentlich in wässrigem Harn beim Uebergange aus der sauren Gährung in die alkalische ausscheiden; die perlschnurförmigen Körperchen sind die Vibrionen, die Aggregate kleiner punktirter Kugeln dagegen die Harnhefepilze, wie sie sich namentlich aus dem Schleime hervorbilden; darunter ein Krystall von oxalsaurem Kalk. Rechts unten sind dagegen wahrhafte Hefepilze, wie sie sich bei der spontanen Gährung diabetischen Harns ausgeschieden hatten. Zum Vergleich mit diesen sind im obern Theil der Figur Hefezellen aus gewöhnlicher Bierhefe dargestellt worden.

Die beiden Gruppen von Formen in der Mitte der Figur rechts und links stehen mit den Hefepilzen in keiner Beziehung; diese Formen sind Schimmelpilzbildungen, wie sie so häufig auf faulendem Harn jeder Art eintreten.

Sedimente.

Harnsaures Natron.

Am häufigsten findet man im erkalteten Harn ein Sediment, welches in feinern oder gröbern Molecülen erscheint; dasselbe besteht aus harnsaurem Natron; und ist leicht daran kenntlich, dass es sich schon bei gelindem Erwärmen des Harns auflöst. Dieses Salz kommt im gewöhnlichen Harn in so geringer Menge vor, dass es darin auch beim Erkalten desselben gelöst bleibt; nur wenn der Harn sehr concentrirt ist oder wenn das Salz in grössern Mengen durch die Nieren ausgeschieden wird, erscheint es beim Erkalten desselben. Man findet es daher in den meisten fieberhaften Zuständen und unter allen Verhältnissen, bei denen die Respiration oder vielmehr die Oxydation im Blute beeinträchtigt ist.

Harnsäurekrystalle.

Krystalle von freier Harnsäure finden sich im frischentleerten Harn selten (saure Harngährung tritt innerhalb der Blase selten ein); gewöhnlich scheiden sich die rhomboïdalen Krystalle freier Harnsäure erst nach kürzerm oder längerm Stehen des Harns aus; in krankhaftem, namentlich fieberhaftem Harn findet die Ausscheidung solcher Krystalle oft schon nach 2 bis 3 Stunden statt (vergl. Fig. 8 S. 78, Fig. 9 S. 80 und Fig. 10 S. 81).

Harnsaures Ammoniak.

Harnsaures Ammoniak findet sich nicht als alleiniger Bestandtheil eines Harnsediments; gewöhnlich sind ihm Schleim, Tripelphosphatkrystalle und amorphe Molecüle phosphorsauren und kohlensauren Kalks beigemengt, indem es nur im Harn vorkommt, wenn derselbe der alkalischen Gährung unterlag; es bildet sich daher auch ge-

wöhnlich erst ausserhalb des Organismus; nur bei veralteten Blasenkatarrhen und namentlich bei Blasenlähmung trifft man es in frischentleertem Harn. Mit blossem Auge erkennt man es im Sedimente als weisse, undurchsichtige Körnchen; unter dem Mikroskop erscheint es in schwarzbraunen, kaum durchscheinenden Kugeln, hie und da mit feinen Nadeln besetzt (vergl. Fig. 12 S. 82).

Phosphorsaures Talkerde-Ammoniak.

Krystalle von phosphorsaurem Talkerde-Ammoniak (Tripelphosphat) kommen nur in neutralem und alkalischem Harne vor (vergl. Fig. 10 u. 12 S. 81 u. 82).

Oxalsaurer Kalk.

Die oktaëdrischen Krystalle oxalsauren Kalks kommen nicht selten im Harn vor; es ist nicht unwahrscheinlich, dass erst bei der sauren Harngährung sich die Oxalsäure aus andern Stoffen bildet; wenigstens wird der oxalsaure Kalk oft erst sichtbar, wenn Krystalle von Harnsäure sich ausgeschieden haben; indessen erscheinen oft auch wahre Sedimente von oxalsaurem Kalk im Harn, z. B. bei Rhachitis, nach epileptischen Krämpfen, in der Convalescenz von Typhus (hier meist bei gelindem Blasenkatarrh) (vergl. Fig. 2 S. 47).

Cystin.

Zu den seltensten spontanen Niederschlägen des Harns gehört das schwefelreiche, in sechsseitigen Tafeln erscheinende Cystin (vergl. Fig. 23 S. 95). Von welchen pathologischen Processen das Erscheinen dieser Substanz im Harn abhängig sei, ist völlig unbekannt.

Gelöste Bestandtheile.

Harnstoff.

Von den gelösten, chemischen Bestandtheilen des Harns ist der Harnstoff bei weitem der wichtigste. Dass die Ausscheidung dieses Stoffes durch den Harn sehr erheblichen Schwankungen unterliegt, ist bereits früher (S. 118 f.) bemerkt worden. Besonders wurde hervorgehoben, dass die Art der Nahrung und neben dieser hauptsächlich die Menge gleichzeitig auszuscheidenden Wassers von dem wesentlichsten Einflusse auf die Mengen ausgeschiedenen Harnstoffs sind. Was zunächst den letztern Umstand betrifft, so haben Versuche an Menschen sowohl als an Thieren gelehrt, dass mit einer vermehrten Wasserausscheidung auch eine vermehrte Harnstoffexcretion verbunden ist. So wurden z. B. mit 1000 grm. Harn durchschnittlich 33 grm. Harnstoff in 24 St. entleert, mit 2000 grm. ungefähr 42 grm. und mit 3000 grm. etwa 50 grm. Das specifische Gewicht des Harns steht daher auch in einem gewissen Verhältniss zum Harnstoffgehalte oder zu der in einer gewissen Zeit ausgeschiedenen Harnstoffmenge. Ist z. B. das specifische Gewicht menschlichen Harns = 1,0135, wobei er 1,5% Harnstoff enthält, so sind 2730 grm. Harn in 24 St. ausgeschieden worden; ist dagegen das specifische Gewicht = 1,027 mit einem Procentgehalte an Harnstoff von 3,75, so sind nur 1075 grm. Harn ausgeschieden worden (*Bischoff, Böcker, Genth, Kaupp*).

Mengenverhältnisse desselben.

Bei verschiedener Nahrung.

Wichtiger und auch in vieler Beziehung genauer erforscht ist der Einfluss der Nahrung auf die Mengen ausgeschiedenen Harnstoffs. Durch zahlreiche Versuche an Menschen und an Thieren sind folgende Verhältnisse ziemlich ausser Zweifel gesetzt: Nach Genuss von Fleisch

und andrer stickstoffreicher Nahrung wird nicht aller in derselben enthaltene Stickstoff unter der Form von Harnstoff ausgeschieden; beträgt die stickstoffhaltige Nahrung soviel, dass sie gerade zum Wiederersatz der unbrauchbar gewordenen Organtheile dient, so wird oft $^1/_3$ des aufgenommenen Stickstoffs auf andern Wegen, z. B. durch den Schweiss, und auf andre Weise, als durch Harnstoffbildung, als Epithelien, Haare u. s. w., ausgeschieden; nur $^2/_3$ jenes Stickstoffs treten im Harn als Harnstoff auf. Wird mehr stickstoffhaltige Nahrung aufgenommen, so tritt eine erhebliche Vermehrung des Harnstoffs im Harn ein; jenes Deficit an Harnstoff bleibt sich, absolut genommen, gleich; allein im Verhältniss zu der ausgeschiedenen Menge Harnstoff kann es $^1/_6$ bis $^1/_8$, ja nur $^1/_{30}$ betragen (*Bischoff*). Dabei pflegt aber oft auch ein Theil der aufgenommenen stickstoffhaltigen Nahrung im Körper zurückzubleiben und dort zur Bildung von Zellen und Geweben verwendet zu werden; man findet daher in solchen Fällen noch weniger Harnstoff als man der Menge des aufgenommenen stickstoffhaltigen Materials nach hätte erwarten sollen. Wenn neben stickstoffhaltiger Nahrung gleichzeitig Fett aufgenommen wird, so wird gewöhnlich mehr Harnstoff durch den Harn ausgeschieden, als bei gleicher Menge stickstoffhaltigen Materials ohne Fett (*Bischoff*).

Dass auch während des Hungerns fortwährend durch den Harn Harnstoff ausgeschieden wird, ist eine allseitig constatirte Thatsache; bemerkenswerth ist aber, dass die Abscheidung des Harnstoffs, die doch bei Mangel an stickstoffhaltiger Nahrung nur von dem Verbrauch der Organtheile herrührt, erheblich geringer wird, wenn stickstofffreie Nährstoffe, z. B. Fett oder Amylon, aufgenommen werden.

Wie nach Aufnahme von Proteïnkörpern wird auch nach Genuss von Leim die Menge des Harnstoffs im Harn sehr bald vermehrt, jedoch immer in directem Verhältniss zur Menge aufgenommenen Glutins, d. h. nichts wird vom Glutin im Körper zurückgehalten; ohne zur Reïntegration von Organtheilen verwendet worden zu sein, wird dasselbe im Blute zerlegt, so dass der Harnstoff als Spaltungsproduct in den Harn übergeht.

Mehrern Beobachtungen nach bedingt eine reichliche Aufnahme von Chlornatrium eine vermehrte Ausscheidung des Harnstoffs durch den Harn (*Kaupp*).

Bei Verschiedenheit der Blutbewegung. Beschleunigte Bewegung des Blutes, sogenannte fieberhafte Aufregung, sei sie bedingt durch gewisse arzneiliche Substanzen oder durch Trennung der beiden Vagi, zieht, einigen Beobachtungen nach, eine reichliche Ausscheidung von Harnstoff nach sich; verlangsamte Blutbewegung dagegen eine Verminderung der abgesonderten Harnstoffmengen.

Dass nach stärkrer körperlicher Bewegung m[illegible] excernirt wird, als in der Ruhe, ist eine mehrseitig cons[illegible]

Genuss von Thee, Kaffee, [illegible] setzt die H[illegible]ung

herab, auch Zuckergenuss scheint ähnlich zu wirken (*Böcker, Jul. Lehmann, Hammond, Hoppe*). Auch bei Diabetikern wird durch Kaffee, Bier und Wein die Menge ausgeschiedenen Harnstoffs verringert (*Rosenstein*).

In Krankheiten.

In Krankheiten ist die Menge des täglich mit dem Harn ausgeschiedenen Harnstoffs sehr verschieden. In chronischen Krankheiten wird man kaum je eine Vermehrung des Harnstoffs wahrnehmen; hier reflectirt sich die Art und die Menge der aufgenommenen Nahrung sehr schnell in der Zunahme und Abnahme des Harnstoffs im Harn. Diesen Einfluss der Nahrung auf die Harnstoffexcretion wird ein aufmerksamer Beobachter selbst noch in acuten Krankheiten beobachten. In den letztern tritt jedoch sehr oft eine von der Nahrung unabhängige Vermehrung der Harnstoffausscheidung ein, oft aber auch eine Verminderung. Die eine oder die andre steht jedoch nicht in unmittelbarer Beziehung zu einer oder der andern specifischen, d. h. mit besonderm Namen belegten Krankheitsform, sondern ist direct abhängig von der den krankhaften Process begleitenden, geringern oder bedeutendern Consumtion der Organtheile. Deshalb findet sich selbst in einer und derselben acuten Krankheit je nach ihren verschiedenen Stadien bald eine Vermehrung bald eine Verminderung der Harnstoffexcretion; deshalb ist die letztre in der Regel auch in der Convalescenz von allen schweren acuten Krankheiten sehr vermindert; denn in der Convalescenz wird ja wie beim Wachsthum eine grosse Menge stickstoffhaltigen Materials zur Regeneration der in Folge des krankhaften Processes untergegangenen Organtheile verwendet.

Sorgfältigere und schlussfertige Untersuchungen sind über die Harnstoffausscheidung bei intermittirenden Fiebern von *Moos, Traube* und *Jochmann, Redtenbacher* angestellt worden. Während der Paroxysmen ist die Ausscheidung des Harnstoffs und die des Urins überhaupt absolut vermehrt; in der Apyrexie dagegen vermindert; im Frost- und Hitzestadium wird etwa $3\frac{1}{2}$ mal mehr, im Schweissstadium $\frac{1}{3}$ mehr Harnstoff ausgeschieden, als in der Apyrexie. Chinapräparate bedingen eine der Schwächung des Paroxysmus entsprechende Verminderung der Harnstoffexcretion.

Auch im Diabetes ist die täglich ausgeschiedene Harnstoffmenge lediglich abhängig von der Quantität aufgenommenen stickstoffhaltigen Materials (*Thierfelder* und *Uhle*).

Harnsäuremengen.

Die Harnsäure, welche, wie oben erwähnt, sich meist an Natron gebunden findet, kommt im menschlichen Harn normaler Weise nur in geringen Mengen vor, durchschnittlich etwa zu 0,1%. In 24 St. entleert ein Erwachsener 0,5 bis 0,9 grm. Harnsäure. Von der Natur der genossenen Nahrungsmittel ist ihre Menge im Harn weit weniger abhängig, als von innern Zuständen des Organismus. Eine bestimmte Proportion der Harnsäureausscheidung zu der des Harnstoffs ist weder in directem noch indirectem Sinne nachzuweisen gewesen. Das Verhältniss der Harnsäure zum Harnstoff schwankt im Harn zwischen 1 : 50 – 80 (*Ranke*). Die Harnsäureausscheidung ist unabhängig vom

Alter, Geschlecht und Körpergewicht und zum Theil auch von der Art der Nahrung (*H. Ranke*).

Im Allgemeinen nimmt die Menge der Harnsäure zu in den Fällen, wo die Ernährung des Körpers beeinträchtigt ist, bei gestörter Verdauung, bei allen fieberhaften Bewegungen, häufig auch bei Respirationsstörungen. Constant ist sie vermehrt bei Leuchämie mit Milzvergrösserung, in intermittirenden Fiebern an den Fiebertagen und einige Tage nach dem Aufhören der Paroxysmen (*Ranke*). In der sog. chronischen Gicht ist die Menge der Harnsäure im Harn vermindert, vermehrt dagegen im acuten Rheumatismus und bei sog. acuter Gicht. Grosse Dosen schwefelsauren Chinins vermindern die Harnsäure im Harn Gesunder (*Ranke*). Seebäder vermehren die Menge der Harnsäure im Harn, Süsswasserbäder scheinen sie eher zu vermindern (*Beneke*).

Im Harn fleischfressender Säugethiere kommt die Harnsäure nur in geringen Mengen vor, in dem pflanzenfressender gar nicht; reichlich findet sie sich im Harn der Schlangen, Vögel und Insecten. Der Harn noch saugender Kälber enthält keine Hippursäure, sondern Harnsäure an Talkerde gebunden (s. S. 93 und Fig. 21).

Hippursäure.

Die Hippursäure ist hauptsächlich im Harn pflanzenfressender Säugethiere enthalten und kommt auch im Harn des Menschen bei vegetabilischer wie gemischter Kost constant vor. Sie ist im menschlichen Harn kaum in grössrer Menge als die Harnsäure gefunden worden. Bei gemischter Kost scheidet ein Erwachsner in 24 St. ungefähr 2,17 grm. Hippursäure durch den Harn aus, bei rein animalischer nur 0,76 grm. (*Weismann*).

Wie sich ihre Mengen in pathologischen Zuständen verhalten, ist fast noch völlig unbekannt; im diabetischen Harne findet sie sich ebenso constant, wie in normalem. Nach Genuss von Benzoësäure wird die Menge der Hippursäure erheblich vermehrt (vergl. S. 92 u. Fig. 21).

Eine auffallende Thatsache ist es, dass, wie *Roussin* zuerst nachgewiesen, im Harn wohlgefütterter, aber ruhender Pferde sich oft kaum Spuren von Hippursäure nachweisen lassen, während in dem von thätig gewesenen Arbeitspferden 7 bis 14% Hippursäure gefunden werden.

Eine Vermehrung der Hippursäure nach Aufnahme von Bernsteinsäure in den Organismus ist nicht nachweisbar (*Hallwachs*), dagegen findet sich auch Bernsteinsäure im Harn nicht wieder, wenn solche nicht in grossen Mengen genommen worden ist.

Eine Thatsache, welche erst von *W. Kühne* ermittelt wurde, ist das Fehlen der Hippursäure in gewöhnlichem ikterischen Harn. Selbst wenn Ikterischen oder ikterisch gemachten Hunden Benzoësäure gegeben worden ist, erscheint keine Hippursäure im Harn, sondern nur Benzoësäure.

Xanthin (vergl. S. 83—86) und Hypoxanthin (S. 86—88) kommen im normalen Harn, jedoch in sehr geringen Mengen vor (*Jackson*, *Strecker*, *Scherer*).

Allantoïn findet sich im Harn noch saugender Kälber (*Wöhler*), in manchem krankhaften Harn (*Frerichs* und *Städeler*, *Köhler*) und

nach Gerbsäureeinführung in den Organismus (*Schottin*) (vergl. S. 93 u. 94 und Fig. 21 und 22).

Kynurensäure. Kynurensäure (*Liebig*, *Eckhardt*), hat man bis jetzt nur im Harn der Hunde in sehr geringen Mengen gefunden (vergl. S. 91 und Fig. 19 u. 20).

Kreatinin. Kreatinin ist ein integrirender Bestandtheil des Harns; genauere quantitative Bestimmungen desselben sind aber noch nicht ausgeführt; einigen Erfahrungen nach steht die Ausscheidung des Kreatinins in keinem Bezug zur Harnsäureausscheidung.

Ameisensäure. Ameisensäure kommt zuweilen im Harne gesunder Personen obwohl in sehr geringen Mengen vor.

Milchsäure. Milchsäure findet sich nicht in normalem menschlichen Harn; jedoch stellt sie sich sehr bald ein, namentlich wenn die Oxydation im Blute einigermaassen gehemmt ist; daher bei Störungen der Verdauung, der Respiration, der Ernährung, darum auch in allen fieberhaften Zuständen; indessen ist hierbei nicht ausser Acht zu lassen, dass im Harn bei der sauren Gährung desselben sich Milchsäure erzeugt. Im Harn der pflanzenfressenden Thiere kommt sie namentlich bei Stallfütterung vor.

Extractivstoffe. Die Extractivstoffe, d. h. chemisch noch nicht genauer bekannte Materien, kommen im Harn in sehr variabeln Mengen vor; besonders nehmen sie in Krankheiten zu. Bemerkenswerth ist, dass Kinder relativ zu ihrem Körpergewichte in 24 Stunden weit weniger Extractivstoffe entleeren als Erwachsene; so excernirt ein Kind auf 1 Klgrm. seines Körpergewichts in 24 St. ungefähr 0,156 grm., dagegen ein Erwachsener 0,346 grm. (*Scherer*). Auch beim Hungern erscheinen die Extractivstoffe noch in grosser Menge im Harn, so dass ihre absolute Menge die des Harnstoffs übertrifft.

Omichmyloxyd. Omichmyloxyd, Tauryloxyd, Damalursäure, Damolsäure gehören als noch nicht genau erforschte Substanzen zur Zeit noch zu diesen Extractivstoffen (s. S. 128, 51).

Farbstoffe. Genauer untersucht sind die Farbstoffe des Harns; allein soviel Aufmerksamkeit man sowohl den normalen als den abnormen auch geschenkt hat, so haben sie doch weder in chemischer noch in diagnostischer Hinsicht ein besondres Interesse erlangt. (Ueber diese Pigmente siehe Harnfarbstoff S. 166 f.).

Chloralkalien. Chlornatrium und Chlorkalium finden sich in reichlichen Mengen, so dass ein Erwachsener in 24 St. allein gegen 10,5 grm. Chlor ausscheidet. Am meisten Chlor wird Nachmittags (nicht unmittelbar nach der Mahlzeit) gefunden, in der Nacht bedeutend weniger, gegen Morgen etwas mehr. Wassertrinken vermehrt anfangs die Ausscheidung des Kochsalzes; später ist diese aber vermindert (*Hegar*, *Kaupp*). Im Allgemeinen scheint aber die Chlorausscheidung dem Gehalte des Harns an Wasser proportional zu sein (*Bischoff*). Auch die Kochsalzausscheidung scheint durch Thee und Kaffeegenuss vermindert

Chlor-alkalien.

zu werden (*Böcker*, *Jul. Lehmann*). Bei Diabetes Mellitus wird sie nach Genuss von Kaffee, bairischem Bier und Wein vermehrt (*Sigm. Rosenstein*).

Körperliche Bewegung vermehrt die Ausscheidung des Chlors (*Hegar*). Werden auch keine Chlorverbindungen von aussen aufgenommen, so wird doch immer etwas an Alkalimetalle gebundenes Chlor ausgesondert. Wird viel Chlor von aussen aufgenommen, so wird bald auch mehr als gewöhnlich durch den Harn ausgeschieden, allein nicht alles; der Rest muss auf andern Wegen den Organismus verlassen (*Falck, Wund, Bischoff, Kaupp, Buchheim* und *Wagner*).

Völliges Verschwinden derselben.

Die meisten Krankheiten, ja schon geringe Unpässlichkeit, vermindern die Ausscheidung von Chlornatrium, dagegen ist das gänzliche Verschwinden des Chlors im Harn besonders in den Krankheiten bemerklich, welche mit Ausscheidung grösserer Exsudate verbunden sind, z. B. bei acutem Hydrops, acuter Bright'scher Krankheit, acuter Tuberculose, bei heftigen Diarhoeen, in der Cholera, dem Typhus und vorzugsweise bei Pneumonie; indessen zuweilen auch im acuten Gelenkrheumatismus, der nicht so bedeutende Exsudate zu setzen pflegt.

Sulphate.

Schwefelsaure Salze finden sich stets, obwohl in sehr variabeln Mengen im Harn. Ein Erwachsener entleert durchschnittlich in 24 St. 2,1 grm. Schwefelsäure, d. i. 0,032 grm. auf 1 Klgr. seines Körpergewichts. Vermehrte animalische Nahrung bedingt eine Vermehrung der Sulphate im Harn. In der Verdauungszeit steigt die Menge der ausgeschiedenen Schwefelsäure, in der Nacht sinkt sie und erreicht Vormittags ihr Minimum (*Gruner*, *Beneke*, *Parkes*, *Buchhein* und *Wagner*). Wassertrinken vermehrt nur auf einige Stunden die Menge der Sulphate im Harn (*Genth, Gruner*). Nur sehr starke, körperliche Bewegung oder psychische Erregung vermehren die Ausscheidung von Sulphaten (*Bence Jones, Gruner*). Fasten vermindert in den ersten 24 Stunden die Ausscheidung nicht. Schwefelsaure Alkalien, rein eingenommen, werden in den nächsten 18 bis 24 St. vollständig wieder ausgeschieden (*Aubert, Buchheim* und *Wagner, Gruner*), wenn nicht ein Theil mit den festen Excrementen abgeht. Aehnlich verhält sich die Ausscheidung von Sulphaten durch den Harn nach Aufnahme von Schwefelsäure (*Bence Jones, Miquel*) und von Schwefel (*Krause*), Schwefelalkalien (*Wöhler* und *Orfila*), Schwefelantimon (*W. Clare*).

Ueber die Schwankungen der Schwefelsäureexcretion in Krankheiten fehlt es noch an solchen Beobachtungen, die zu sichern Resultaten geführt hätten.

Phosphate.

In normalem Harn ist ferner saures phosphorsaures Natron enthalten, von welchem hauptsächlich die saure Reaction des Harns abhängig ist; neben diesem findet sich phosphorsaurer Kalk und Talkerde stets in nicht geringen Mengen.

Ein Erwachsener scheidet durch den Harn in 24 Stunden durch-

schnittlich 3,2 bis 3,8 grm. Phosphorsäure aus; Schwankungen finden selbst bei Gesunden zwischen 2,4 und 6,4 grm. statt. Auf 1 Klgr. seines Körpergewichts scheidet ein Erwachsener in 24 St. 0,064 Phosphorsäure durchnittlich aus (*Hegar, Gruner, Winter*). Nach Aufnahme von Nahrungsmitteln steigt die Menge der ausgeschiedenen Phosphorsäure erheblich; des Nachts wird bedeutend mehr Phosphorsäure ausgeschieden als des Morgens; nach reichlichem Genusse von Proteïnkörpern wird die Menge der excernirten Phosphate sehr vermehrt, beim Fasten dagegen sehr vermindert (*Breed, Winter, Kaupp, Mosler*). Nach reichlicher Aufnahme von Getränken wird die Phosphorsäureausscheidung vermehrt (*Breed, Winter, Genth*). Körperliche und geistige Anstrengung bewirkt eine vermehrte Ausscheidung von Phosphorsäure (*Mosler, Genth*). Nach Aufnahme von Phosphaten oder Phosphorsäure in den Organismus findet sich auch diese Säure in grössrer Menge (*Aubert, Böcker*). Kaffee- so wie Alkoholgenuss vermindern die Menge excernirter Phosphorsäure (*Jul. Lehmann, Hammond*).

Ueber die Schwankungen im Phosphorsäuregehalte des Harns in Krankheiten ist man noch nicht zu übereinstimmenden Resultaten gelangt; nur soviel scheint gewiss, dass bei acuten Affectionen der Nervensubstanz die Phosphate in grössern Mengen im Harn gefunden werden. Selbst bei heftigern Fiebern ist die Phosphorsäure im Harn kaum merklich vermindert (*Jul. Vogel*). Auch hier hängt die Verminderung, die man beobaehtet, oft nur von der verringerten Nahrungsaufnahme ab.

An phosphorsauren Erden werden vom Erwachsenen in 24 St. ungefähr 1,0 grm. ausgeschieden; jedoch unterliegt diese Zahl hauptsächlich je nach der Natur der Nahrungsmittel sehr grossen Schwankungen. Im Harne kleiner Kinder und in dem Schwangerer nimmt die Menge des Kalkphosphats oft erheblich ab; bei letzteren (namentlich im 6. bis 8. Monate der Schwangerschaft) zuweilen so, dass oft kein Kalk mehr nachgewiesen werden kann. Im normalen Menschenharn ist das Verhältniss von phosphorsaurem Kalk zu phosphorsaurer Talkerde ebenfalls ziemlich schwankend, jedoch durchschnittlich = 15 : 7.

Eisen und Kieselsäure. Eisen und Kieselsäure finden sich gewöhnlich nur spurweise im Harn.

Gase. Auch im Harn sind Gase aufgelöst, vorzugsweise Kohlensäure und etwas Stickstoff.

Freie Säure. Die saure Reaction des Harns rührt im wesentlichen von sauren Alkali- und Erdphosphaten her, wird jedoch auch durch Hippursäure und Milchsäure bedingt. Die freie Säure unterliegt selbstverständlicher Weise mannichfachen Schwankungen. Die Menge derselben, welche ein Erwachsener in 24 St. entleert, entspricht ungefähr 2,3 grm. Oxalsäure (schwankend zwischen 2 bis 4 grm.; *Winter, Jul. Vogel*). Während der Verdauungszeit ist sie eine mittlere, in der Nacht erreicht sie ihr Maximum, in den Vormittagsstunden ihr Minimum (*Winter, Jul. Vogel, Bence Jones*). Nach Aufnahme von ätzenden, kohlensauren und orga-

nischsauren Alkalien nimmt die Menge der freien Säure des Harns (oft bis zur Alkalescenz) ab (*Wöhler, Bence Jones* u. Andre), nach Aufnahme von Säuren dagegen erheblich zu (*Bence Jones, Buchheim*).

In den meisten Krankheiten, acuten sowohl als chronischen nimmt die Menge der freien Säure des Harns etwas ab, ist aber fast nie vermehrt (*Jul. Vogel*).

Es ist hier aber daran zu erinnern, dass krankhafter Harn, namentlich in Entzündungsfiebern, gewöhnlich sehr schnell in die saure Harngährung übergeht und dann sehr erhebliche Mengen freier Säure enthält.

Bei rein animalischer Kost wird der Harn von Herbivoren allmälig sauer, bei vegetabilischer dagegen der von Carnivoren alkalisch (*Cl. Bernard*).

Verhältnisse der Wasserabscheidung.

Die Qantität des Wassers im Harn ist selbst unter physiologischen Verhältnissen ausserordentlich verschieden. Leider fehlt es noch an genauen Versuchen, durch welche der Einfluss jedes einzelnen physiologischen Moments auf die Grösse der Wasserausscheidung durch die Nieren ermittelt worden wäre. Nach den Erfahrungen der Mehrzahl der Beobachter scheinen nach dem Genusse grösserer Quantitäten Wasser auch etwas mehr feste Bestandtheile mit dem Harn ausgeschieden zu werden. In ungefähr 6 Stunden ist die überflüssig aufgenommene Wassermenge wieder entfernt. Nach bedeutender Wasserzufuhr zum Blute, z. B. durch Injection in die Venen, wird die Harnabsonderung keineswegs in entsprechender Weise vermehrt. Nach einem kalten Bade wird am meisten Wasser durch die Nieren ausgeschieden. Kurz nach einer Mahlzeit werden absolut und relativ weniger Wasser und mehr feste Bestandtheile durch den Harn ausgeschieden (*Falck, Genth*).

Dass die Art des Stuhlgangs, die reichlichere oder geringere Transspiration, welche wiederum von der äussern Temperatur, dem Feuchtigkeitsgrade der Atmosphaere, von körperlicher Bewegung u. s. w. abhängig ist, von wesentlichem Einfluss auf die Wasserausscheidung sind, ist an sich klar; allein durch genauere Untersuchungen ist die Grösse des Erfolgs jedes wirkenden Moments noch nicht ermittelt.

Zufällige Bestandtheile.

Viele zufällig oder absichtlich dem Organismus zugeführte Stoffe gehen in den Harn unverändert über, andre erleiden Umwandlungen und noch andre gehen gar nicht in jenen über. Im Allgemeinen kann man annehmen, dass nur solche (nicht zu den Nährstoffen gehörige) Substanzen in den Harn übergehen, welche in Wasser leicht löslich sind und mit den Bestandtheilen des Thierkörpers keine unlöslichen Verbindungen eingehen und die überhaupt nicht leicht oxydirbar oder zersetzbar sind. Daher gehen salpetersaure, chlorsaure, borsaure, kohlensaure, kieselsaure Alkalien, Chlor-, Brom- und Iodkalium und Iodnatrium unverändert in den Harn über, während z. B. Schwefelkalium oxydirt wird und als schwefelsaures Kali im Harn erscheint. Viele Materien, welche mit thierischen Stoffen, namentlich mit Albuminaten, unlösliche Verbindungen bilden, treten nur dann in den Harn über, wenn sie dem

Körper in sehr grossen Mengen zugeführt wurden; hieher gehören z. B. alle Metallsalze.

Viele organische Substanzen erleiden im thierischen Organismus dieselben Umwandlungen, die man durch verschiedene Oxydationsmittel zu erzielen vermag; dann erscheinen nur die Oxydationsproducte im Harn, z. B. beim Salicin. Manche werden vollständig zu Kohlensäure und Wasser oxydirt und sind daher nicht einmal in ihren Zersetzungsproducten in den Excreten nachweisbar, z. B. Mannit, Chinon u. dergl. Nur wenn sehr erhebliche Mengen solcher Stoffe in den Organismus eingeführt werden, sind sie im Harn wieder nachzuweisen z. B. Mannit (*Buchheim* u. *Witte*). So gewöhnlich aber Oxydation der aufgenommenen Materien stattfindet, so stossen wir doch auch zuweilen auf Desoxydationen hoch oxydirter Stoffe; so erscheint Kaliumeisencyanid als Cyanür im Harn, Indigblau als reducirter Indigo u. s. w.

Rhodankalium, Kaliumeisencyanür, Barytsalze und Ammoniaksalze gehen unverändert in den Harn über, ebenso die meisten organischen Säuren. Gerbsäure wird indessen in Gallussäure umgewandelt, Benzoësäure, Benzoylwasserstoff und Zimmtsäure gehen in Hippursäure über. Salicin, Salicylwasserstoff, Salicylsäure in Salicylursäure, (*Bertagnini*), Toluylsäure in Tolursäure (*Kraut*), Nitrobenzoësäure in Nitrohippursäure (*Bertagnini*); Bernsteinsäure wird im Harn nicht wieder gefunden (*Buchheim*, *Kühne*, *Hallwachs*). Harnsäure wird in Harnstoff, Oxalsäure, Kohlensäure und Wasser zersetzt (*Wöhler* und *Frerichs*). Die neutralen pflanzensauren Alkalien erscheinen im Harn als kohlensaure wieder, weshalb der Harn schon bald nach deren Aufnahme alkalisch wird (*Wöhler*, *Buchheim*).

Oxalsäure, Aepfelsäure, Weinsäure, Gallussäure, Camphersäure, Pikrinsäure gehen unverändert, wiewohl in weit geringerer Menge, als die aufgenommene Quantität betrug, in den Harn über (*Wöhler*, *Buchheim*).

Chinin und Harnstoff gehen unverändert in den Harn über; dagegen sind Anilin, Theeïn, Theobromin, Allantoïn, Alloxanthin, Amygdalin, Asparagin, Phlorrhizin, Santonin, im Harn nicht wieder nachzuweisen. Salicin verwandelt sich im Organismus in Saligenin, salicylige Säure und Salicylsäure, welche neben Salicylursäure im Harn erscheinen. Die meisten Farbstoffe und Riechstoffe gehen unverändert oder wenig modificirt in den Harn über. Im Harn erscheinen nicht wieder: Campher, Harze, brenzliches Oel, Moschus, Alkohol, Aether, Coccusroth, Lakmus, Saftgrün und Alkannafarbstoff.

Glykocholsaure und cholsaure Alkalien gehen, wenn sie ins Blut injicirt worden sind, unverändert in den Harn über (*Kühne*). Da die gallensauren Salze selbst durch längere Einwirkung von Ozon durchaus nicht verändert werden (*v. Gorup*), so dürfte wohl auch die Unveränderlichkeit der Gallensäuren im Blute nicht Wunder nehmen.

Die Schnelligkeit, mit welcher manche Stoffe, den thierischen

Organismus durcheilend, im Harn erscheinen, ist sehr verschieden; doch ist sie in der Regel um so grösser, je löslicher und indifferenter gegen die thierischen Substanzen ein Stoff ist. Iodkalium erscheint oft schon nach 4 bis 10 Minuten im Harn. Ebenso verschieden ist die Zeit, während welcher ein Stoff im Organismus verweilt; sie ist durchschnittlich um so geringer, je löslicher und indifferenter der Stoff ist, steht also ziemlich im geraden Verhältnisse zur Schnelligkeit des Uebergangs in den Harn.

Schnelligkeit des Uebergangs gewisser Substanzen in den Harn.

Abnorme Bestandtheile.

In Krankheiten treten im Harn auch zuweilen **abnorme Bestandtheile** auf; sie sind:

Albumin.

Albumin; dieses tritt aus dem Blute in den Harn über, erstens bei Störung des Blutlaufs in den Capillaren der Nieren, wie sie durch Herzleiden, Lungenleiden oder Geschwülste im Unterleibe bedingt wird; ferner bei höhern Graden von Wässrigkeit des Bluts, daher gewöhnlich bei gleichzeitiger Wassersucht; endlich bei Nierenkatarrh und Bright-scher Nierendegeneration, sei diese von den Erscheinungen der Uraemie begleitet oder nicht.

Caseïn.

Das **Caseïn**, welches man in chylösem Harne gefunden zu haben glaubt, ist noch nicht mit wissenschaftlicher Bestimmtheit nachgewiesen worden.

Fett.

Fett findet sich im Harn nur in sehr geringen Mengen, ja oft gar nicht vor; am gewöhnlichsten noch trifft man es nach Genuss sehr fettreicher Nahrungsmittel namentlich bei Thieren an. Nicht selten erscheinen einzelne Fetttröpfchen im Harn bei Krankheiten, die mit schneller Abmagerung verbunden sind, besonders im sogenannten chylösen Harn. Bei Bright'scher Krankheit, namentlich wenn bereits Fettmetamorphose in den Nieren eingetreten ist, findet man nicht selten in den Harncylindern viel Fetttröpfchen und solche auch frei im Harn suspendirt.

Zucker.

Unter physiologischen Verhältnissen geht **Zucker** nur höchst selten so in den Harn über, dass er nachweisbar ist; man hat ihn dann nur nach Aufnahme viel zuckerreicher Nahrungsmittel gefunden; es ist aber hierbei daran zu erinnern, dass Zucker sich im Harn ausserordentlich schnell zersetzt, und dass er daher wahrscheinlich oft schon in der Harnblase zersetzt ist oder während der chemischen Behandlung bereits Umwandlungen erleidet. Es mag also wohl weit öfter Zucker durch die Nieren in den Harn übergehen, ohne dass derselbe chemisch nachweisbar wird. Versuchen an Thieren zufolge scheint unter normalen Verhältnissen Zucker nur dann in den Harn überzugehen, wenn derselbe sich im Blute bis zu 0,4 und 0,5 % angehäuft hat. Im Diabetes mellitus geht Zucker in den Harn über, während das Blut viel ärmer an Zucker ist als in den ebenangeführten physiologischen Versuchen. Ausser im Diabetes findet man zuweilen Zucker im Harn bei gestörter oder schnell gehemmter Milchabsonderung, bei Bright'scher Nierendegeneration und bei verlangsamtem Blutlauf in den Capillaren der Nieren.

(Ueber den vermeintlich normalen Gehalt des Harns an Zucker vgl. S. 140). Bei Diabetikern wird die Ausscheidung des Zuckers durch Kaffee, Bier, Wein und organische Säuren vermehrt; das Auftreten von Fieber vermindert die Menge des ausgeschiedenen Zuckers (*Sig. Rosenstein*).

Inosit. Inosit fand *Cloëtta* im Harn eines mit Drasticis behandelten Bright'-schen Kranken, während *Vohl* bei einem Diabetiker den Krümelzucker in dem Grade abnehmen als Inosit auftreten und sich vermehren sah.

Leucin und Tyrosin. Leucin und Tyrosin werden höchst selten in krankhaftem Harn (im Typhus, Blattern, ac. gelber Leberatrophie) gefunden (*Frerichs* und *Städeler*).

Gallenpigment und Gallensäuren. Gallenpigment und Gallensäuren kommen im Harn fast bei allen Arten von Ikterus vor; merkwürdig ist, dass zuweilen auch bei Pneumonien Gallensäuren in den Harn übergehen, ohne dass neben diesen Gallenpigment gefunden wird.

W. Kühne hat sich durch recht umsichtige Versuche ebenfalls überzeugt, dass Gallensäuren im ikterischen Harn wirklich enthalten sind; dabei hat er die interessante Beobachtung gemacht, dass im Ikterus von Menschen oder bei künstlich ikterisch gemachten Hunden nicht die gepaarten Gallensäuren, sondern die stickstofffreie Cholsäure im Harn erscheint.

Buttersäure. Buttersäure kommt in geringen Mengen nur selten im Harne vor.

Ammoniaksalze. Ammoniaksalze werden in gesundem, frischem Harne nicht gefunden; sie bilden sich in der Regel erst bei der sauren und besonders bei der alkalischen Gährung des Harns; in saurem krankhaften Harn ist das Vorkommen von Ammoniak nicht selten, z. B. bei Typhus, Blattern, Scharlach. In alkalischem Harn ist Ammoniak fast constant enthalten; denn entweder rührt die alkalische Reaction direct von Ammoniak her, welches sich namentlich bei Blasenkatarrh in Folge der Harnstoffzersetzung gebildet hat, oder von in den Harn übergegangenen kohlensauren Alkalien, welche sehr bald zersetzend auf den Harnstoff einwirken; daher kommt bei pflanzenfressenden Thieren, welche alkalischen Harn absondern, und bei Menschen nach Genuss kohlensaurer oder organischsaurer Alkalien, wenn sie den Harn alkalisch machen, immer etwas Ammoniak vor (s. oben S. 82 Fig. 12 harnsaures Ammoniak phosphorsaures Talkerde-Ammoniak).

Salpetersäure. Ob Salpetersäure im Harn erscheinen könne, ohne von aussen eingeführt zu sein, ist noch sehr zweifelhaft; gewiss ist aber, dass die Behauptung, nach Aufnahme von Ammoniaksalzen finde sich Salpetersäure im Harne, auf einem Irrthume beruht.

Absonderungsgrösse. Auf die Grösse der Harnabsonderung wirken eine solche Zahl verschiedener äusserer und innerer Bedingungen ein, dass diese weder im Allgemeinen noch im speciellen Falle vollständig übersehen werden können. Während man von den entferntern Einflüssen auf die Harnabsonderung und ihren Beziehungen zur Grösse derselben sich wohl eine ungefähre Vorstellung machen kann, sind wir doch über die näch-

sten Bedingungen derselben und ihrer Grössenveränderungen noch keineswegs völlig aufgeklärt.

Bedingungen der Harnabsonderung.

Im Bezug auf die letztern sind besonders zwei Momente zu berücksichtigen, nämlich die mechanischen Bedingungen des Durchtritts des Harns durch die Nieren und die Constitution des Bluts. Wir haben schon oben erwähnt, dass bei verlangsamtem Blutlauf in den Capillaren Eiweiss in den Harn tritt; es hängt nun gewiss überhaupt von der Schnelligkeit des Blutlaufs in den feinern Nierengefässen ab, ob viel oder wenig feste Bestandtheile aus den Malpighi'schen Gefässknäueln in die Canaliculi contorti übertreten. Da die aus den Malpighi'schen Körperchen ausführenden Gefässe einen geringern Durchmesser haben, als die jene Körperchen bildenden: so muss in erstern ein erhöhter Druck auf die Wände stattfinden, vermöge dessen die Urinabsonderung wohl zunächst bedingt wird; durch die die Canaliculi contorti umspinnenden Gefässe wird dem in jenen befindlichen Harn wieder Wasser entzogen und dieser dadurch concentrirter. Nun ist aber durch directe Versuche erwiesen, dass der Seitendruck im arteriellen System der Nieren einen wesentlichen Einfluss auf die Harnabsonderung ausübt; bei erhöhter Spannung des Bluts in jenen Gefässen nimmt die Harnabsonderung zu, im umgekehrten Falle ab (*Ludwig, Goll, Kierulf*).

Mechanische Bedingungen derselben.

Da in den Canaliculis contortis die ausgesonderte Flüssigkeit wieder Wasser ans Blut abgiebt, so ist erklärlich, warum schnell abgesonderter Harn wässrig, langsam abgesonderter concentrirt ist, und warum der Harn niemals einen gewissen Concentrationsgrad übersteigt. Dass die Spannung im Gefässsystem vom Nerveneinflusse, von Blutleere u. s. w. abhängig ist, braucht kaum erwähnt zu werden. So haben directe Versuche gelehrt, dass bei Erregung der Nervi vagi die Spannung im arteriellen Systeme abnimmt und darnach die Harnabsonderung vermindert wird (*Ludwig*).

Nerveneinfluss.

Einfluss der Beschaffenheit des Bluts.

Weniger sorgfältig ist das Verhältniss der Beschaffenheit und Zusammensetzung des Bluts auf die Harnabsonderung untersucht worden, obgleich es an sich klar ist, dass, je mehr excernirbare Harnbestandtheile im Blute enthalten sind, je wässriger das Blut ist, desto mehr Harn ausgeschieden werden muss.

Schwankungen in den Mengen abgesonderten Harns.

Die Menge des täglich von einem erwachsenen Manne entleerten Harns kann zwischen 550 und 3500 grm. schwanken, doch werden durchschnittlich von solchen 1200 bis 1500 grm. entleert. Auf 1 Klgrm. Körpergewicht entleert ein Erwachsener durchschnittlich 24 grm. (nach *Winter* 25,9, nach *Jul. Vogel* 24,24, nach *Kaupp* 20,26), ein Kind dagegen 47 grm. (*Scherer*). Nach eingenommener Mittagsmahlzeit pflegt die excernirte Urinmenge am grössten zu sein, in der Nacht fällt sie und hebt sich wieder in den Vormittagsstunden (*Chambert, Jul. Vogel, Hegar, Winter, Beigel, Kaupp*). Kalte Bäder vermehren auf kurze Zeit die Harnsecretion oft sehr erheblich (*H. Nasse*), Sool- und Seebäder in viel geringerm Grade (*Beneke, L. Lehmann*). Auch die Lufttemperatur

ist von Einfluss, so dass nach *Kaupp* 1° R. das excernirte Harnvolumen um 3,1 Volumenprocente beim Steigen der Temperatur vermindert, beim Sinken um ebensoviel vermehrt. Ueber den Einfluss verschiedener Substanzen auf die Vermehrung oder Verminderung der Harnsecretion sind einige sorgfältigere Untersuchungen angestellt worden; dieselben haben aber nicht zu gleichlautenden oder nur einigermaassen concinnen Resultaten geführt.

Schwankungen der Harnmenge

In acuten, fieberhaften Krankheiten nimmt die excernirte Harnmenge (mit sehr seltnen Ausnahmen) während des Höhestadiums erheblich ab, ja sinkt oft weit unter 800 grm. Bei Abnahme der Intensität und in der Convalescenz steigt das Harnvolumen wieder, ja in seltnen Fällen übertrifft es die Norm (*Jul. Vogel*). Dass gegen das letale Ende der meisten Krankheiten, chronischer wie acuter, die excernirte Harnmenge abnimmt, ist ebenso bekannt wie die oft sehr erhebliche Verminderung derselben bei Wassersuchten, profusen Schweissen und Diarrhoeen und die mehr oder weniger bedeutende Vermehrung im Diabetes.

in Krankheiten.

Wenn bei der Gesammtmenge des Harns der verschiedene Wassergehalt jene Schwankungen hauptsächlich bedingt, so ist doch auch die Zahl der mit dem Harn excernirten festen Bestandtheile erheblichen Schwankungen unterworfen; es können von einem Erwachsenen je nach der Menge und der Natur aufgenommener Nahrungsstoffe in 24 St. 35 bis 80 grm. fester Materien durch den Harn ausgeschieden werden (*Genth*, *Falck*, *Kaupp*). Genuss vielen Getränks bewirkt eine Vermehrung der mit dem Harn ausgeschiedenen festen Bestandtheile (*Chossat*, *Becquerel*, *Hegar*, *Gruner*, *Winter*, *Vogel*, *Falck* u. A.). Während 12 Nachtstunden werden weniger feste Stoffe ausgeschieden, als während 12 Tagstunden (*Kaupp*). Da in den Harn hauptsächlich stickstoffreiche Excretionsproducte nebst Alkalisalzen übergehen, so ist leicht ersichtlich, dass besonders stickstoffreiche Nahrung, also animalische Kost, auf Vermehrung der festen Harnbestandtheile hinwirken wird und dass überhaupt ein regerer Stoffwechsel, der doch im Thierkörper hauptsächlich an stickstoffreichen Materien seinen Ablauf nimmt, einflussreich auf die Grösse dieses Moments sein wird. Ist der Stoffwechsel geringer, wie in den meisten Krankheiten, so werden auch bei weitem weniger feste Stoffe durch die Nieren ausgeschieden. Wird ferner das Blut ärmer an Albuminaten und reicher an Salzen, so werden, wie die Beobachtungen an Bright'schen Kranken ebensowohl als directe Versuche von Salzinjectionen ins Blut lehren, die festen Normalbestandtheile des Harns erheblich vermindert. Eine Vermehrung der täglich ausgeschiedenen festen Stoffe findet nur im Diabetes statt, so wie oft in Bright'scher Krankheit (wenn sehr viel Eiweiss gleichzeitig mit ausgeschieden wird).

Schwankungen der festen Bestandtheile,

Auch die Mengen der mit dem Harn ausgesonderten Mineralbestandtheile sind sehr grossen Schwankungen unterworfen, nämlich zwischen 7 und 23 grm. in 24 St., durchschnittlich jedoch etwa 15 grm.

der Mineralstoffe.

Verschiedenheiten des Harns in verschiedenen Zuständen.

Ziehen wir noch die Constitution des Harns nach verschiedenen physiologischen Kategorien in Betrachtung:

Geschlecht.

Der Harn der Frauen ist reicher an Wasser und ärmer an Salzen und Harnstoff als der der Männer; hauptsächlich ist diess im Zustande der Schwangerschaft der Fall; da wässriger Harn viel leichter alkalescirt als concentrirter, so geht auch der Harn schwangerer Frauen leichter die alkalische Gährung ein; wegen Schleimgehalts pflegt er oft sehr zu schäumen und bildet bei seiner Zersetzung auf seiner Oberfläche das früher *Kyesthein* genannte und aus Tripelphosphat und Pilzen bestehende Häutchen, welches sonst als dem Harn Schwangerer ganz eigenthümlich angesehen wurde.

Schwangerschaft.

Lebensalter.

Im Betreff der Harnsecretion in verschiedenen Lebensaltern gilt das, was vom Stoffwechsel im Allgemeinen gilt. Männer im Blüthenalter, wo der Stoffwechsel am regsten ist, scheiden am meisten Harnbestandtheile aus. Vergleicht man jedoch die ausgeschiedenen Harnmengen mit dem Körpergewichte, so wird von Kindern fast das Doppelte von dem Erwachsener ausgeschieden. In der Natur der chemischen Bestandtheile des Harns sind keine Unterschiede rücksichtlich des Lebensalters (wenigstens nicht mit Sicherheit) nachgewiesen worden.

Verdauung.

Des Einflusses der Verdauung und der Nahrungsmittel ist schon oben gnügend Erwähnung gethan worden.

Krankheiten.

Ausser dem, was bereits oben unter den abnormen Bestandtheilen des Harns erwähnt worden ist, lässt sich nicht viel Bestimmtes über die Constitution des Harns in Krankheiten sagen. Da im Harn sich meistens der Zustand des Ernährungsprocesses reflectirt, so wird er auch in Krankheiten eine dem krankhaft alterirten Stoffwechsel entsprechende Constitution haben. Es sei daher hier nur auf den Harn im Fieber und jenen bei erheblichen, diese oder jene Krankheit begleitenden Schwächezuständen, die Anaemie u. s. w. genannt werden, aufmerksam gemacht.

Fieberharn.

Der Fieberharn ist meist von tingirterer Farbe, dunkelgelb, röthlich oder rothbraun, specifisch schwerer, von etwas stärkerm Geruche, sehr saurer Reaction. In gleichen Zeiten wird bei weitem weniger Harn im Fieber als im gesunden Zustande abgesondert; der Harn erscheint nur concentrirter, da die Wasserausscheidung durch die Nieren verhältnissmässig noch weit mehr verringert ist als die der festen Bestandtheile. Am constantesten findet man im Fieberharn eine relative und absolute Abnahme der anorganischen Salze und Zunahme an Harnsäure. Die Salzverminderung betrifft besonders das Chlornatrium, welches in exsudativen Entzündungen oft ganz schwindet. Harnstoff ist relativ vermindert, die extractiven Materien etwas vermehrt, Milchsäure oft nachzuweisen.

Anaemischer Harn.

Der anaemische Harn ist blass, von schwach saurer Reaction, alkalescirt leicht, organische Bestandtheile sehr vermindert, Salze dagegen wenigstens relativ vermehrt.

Ueber diabetischen, Bright'schen Harn u. dergl. ist bereits oben das Nöthige erwähnt.

Rücksichtlich des Harns der Thiere gilt Folgendes:

Harn der Thiere: der Omnivoren,

Der Harn des Schweins, des einzigen Omnivoren, welcher der Beobachtung bis jetzt zugänglich war, ist gewöhnlich (d. h. bei der bekannten vegetabilischen Mastfütterung) klar, fast geruchlos, deutlich alkalisch, braust mit Säuren auf, trübt sich beim Kochen, indem dadurch die doppeltkohlensauren Alkalien in einfache verwandelt werden; er enthält weder Hippursäure, noch Harnsäure, noch Ammoniaksalze; Phosphate nur in Spuren; neben Harnstoff (gegen 0,4 %) schwefelsauren Salzen und Chloralkalien sind auch milchsaure Alkalien darin enthalten.

Carnivoren,

Der Harn der Carnivoren ist klar, sehr lichtgelb, von unangenehmem Geruch, widerlichem, bitterm Geschmack, saurer Reaction, leicht alkalescirend. Harnsäure ist oft nicht nachweisbar oder nur in Spuren vorhanden. Werden Carnivoren mit Vegetabilien gefüttert, so wird der Harn trübe, alkalisch und überhaupt dem der Herbivoren gleich.

Herbivoren,

Der Harn der Herbivoren ist gelblich, trüb, übel riechend, alkalisch; enthält neben Harnstoff Hippursäure, milchsaure Alkalien, kohlensaure Alkalien und Erden, oxalsauren Kalk, sehr wenig Phosphate und keine Harnsäure. Werden Pflanzenfresser mit reinen Animalien genährt, so erhält der Harn ganz dieselben Eigenschaften, wie der der Fleischfresser. Daher zeigt auch der Harn noch saugender Kälber eine andre Constitution, als der bereits gefütterter; er gleicht der Allantoïsflüssigkeit des Kalbsfoetus. Solcher Kalbsharn ist klar, fast farblos, geruchlos, von stark saurer Reaction, enthält neben Harnstoff Harnsäure, Kreatinin und hauptsächlich Allantoïn, Hippursäure dagegen nicht; bedeutend ist sein Gehalt an phosphorsaurer Talkerde und Kalisalzen, sehr gering der an Phosphaten, Sulphaten und Natronsalzen.

Vögel,

Der Harn der Vögel sowie der der Schlangen besteht fast nur aus sauren harnsauren Salzen, etwas Harnstoff und phosphorsauren Erden.

Frösche,

Der Harn der Frösche ist flüssig, enthält Harnstoff, Kochsalz und etwas phosphorsauren Kalk.

Schildkröten,

Die Schildkröten entleeren einen klaren, bald schwach sauren, bald schwach alkalischen Harn; derselbe enthält Harnstoff, saure harnsaure Salze, Hippursäure, constant etwas Fett, phosphorsaure, schwefelsaure Salze und Chlornatrium mit Chlorkalium.

Schmetterlinge,

Die rothen Excremente der Schmetterlinge bestehen fast nur aus sauren harnsauren Alkalien; auch die Excremente der meisten Käfer und Raupen enthalten Harnsäure.

niedrer Thiere.

In den Excrementen mancher niedern Thiere findet sich Guanin.

Harnconcremente.

Was die Harnconcremente betrifft, so ist deren Constitution ziemlich verschieden; jedoch lässt sich im Allgemeinen soviel festhalten,

Harnconcremente bestehen hauptsächlich aus

dass sie im Wesentlichen dieselben Bestandtheile enthalten, die wir in den Harnsedimenten vorfanden, und dass demnach ihre Genesis der der Sedimente ziemlich entsprechend sein wird. Die grosse Mehrzahl der Harnsteine bildet sich, wenn die oben erwähnten Gährungsprocesse des Harns bereits in der Blase eintreten, indem ein Schleimconglomerat in Folge des jene Processe so oft bedingenden oder begleitenden Blasenkatarrhs die erste Grundlage oder den Kern des Concrements abgiebt.

freier Harnsäure,

Der leichten Krystallisirbarkeit der freien Harnsäure ist es zuzuschreiben, dass die saure Harngährung hauptsächlich zur Concrementbildung disponirt; wir finden daher auch häufiger noch die Kerne der Harnsteine aus Harnsäurekrystallen bestehend, als ganze Concremente nur aus Harnsäure constituirt. Da durch einmal gebildete Concremente oder sogenannten Harngries ein Reiz auf die Blasenschleimhaut hervorgerufen wird, der einen stärkern Blasenkatarrh nach sich zieht: so wird durch den abnorm abgesonderten Schleim sehr bald innerhalb der Blase alkalische Gährung eingeleitet; deren Folgen sind, dass sich auf bereits gebildeten Harnsäureconcrementen oder Schleimflocken Tripelphosphatkrystalle und harnsaures Ammoniak ablagern, denen sich Molecüle von phosphorsaurem Kalk in grösserer oder geringerer Quantität beimengen. Dass diese Stoffe in den Harnsteinen in den mannichfachsten Proportionen gemengt sind, darf nicht wundern; denn wenn z. B. der Harn nur neutral wird, scheidet sich bloss das Tripelphosphat, aber kein harnsaures Ammoniak aus. Eine gewisse Mengung von phosphorsaurem Kalk und phosphorsaurem Talkerde-Ammoniak bedingt die sog. schmelzbaren Harnsteine.

Tripelphosphat und harnsaurem Ammoniak,

oxalsaurem Kalk,

Oxalsaurer Kalk ist gewöhnlich in den Harnsteinen mit enthalten, welche hauptsächlich aus freier Harnsäure bestehen; doch finden sich auch Harnconcremente und zwar besonders die maulbeerförmigen, welche vorzugsweise aus oxalsaurem Kalk bestehen. Ihre Entstehung ist noch nicht genügend erforscht.

Cystin und Xanthin.

Sehr selten sind die aus Cystin und die aus Xanthin bestehenden Harnconcremente; ihre Genesis lässt sich für jetzt nicht einmal errathen.

HISTIOCHEMIE.

Lehre von den thierischen Geweben.

Schwierigkeiten histiochemischer Untersuchung.

Die chemische Untersuchung der thierischen Gewebe bietet in vieler Hinsicht noch mehr Schwierigkeiten dar, als die der thierischen Flüssigkeiten. Diess liegt theils darin, dass die meisten Gewebe höchst innige Gemenge verschiedener Substrate sind, die mechanisch nicht von einander getrennt werden können, theils daran, dass alle Gewebe in den gewöhnlichen indifferenten Menstruen gleich unlöslich sind, und durch die stärker einwirkenden Lösungsmittel so wesentliche Umwandlungen erleiden, dass ihre ursprüngliche Constitution selbst schwer errathen werden kann. Man ist daher auch in der Kenntniss selbst der einfachern thierischen Gewebe noch nicht weit vorwärts geschritten.

Mikrochemie.

Der einzige Weg, der zu einer genauern Kenntniss der Constitution der Gewebe führen kann und zum Theil auch schon geführt hat, ist der, zuvörderst unter dem Mikroskop verschiedene chemische Reagentien auf die einfachen Gewebe einwirken zu lassen, um so wenigstens über die chemisch homogenen Gewebselemente ins Klare zu kommen. Die Mikrochemie hat selbst der Histiologie schon wesentliche Dienste geleistet, indem durch sie oft erst die wahre Conformation gewisser Gewebe (z. B. des Horns u. s. w.) erkannt wurde. Für die physiologische Chemie bietet sie aber gewissermaassen erst den Schlüssel, durch den wir uns den Zugang zu einer rationellen Erforschung der Constitution der thierischen Gewebe zu öffnen vermögen; denn während sie uns einerseits das chemisch Homogene und das chemisch Differente unterscheiden lässt, giebt sie uns oft die Mittel an, um eine chemische Trennung im Grossen einzuleiten, und so die eigentlichen Gewebselemente einer rein chemischen Untersuchung zugänglich zu machen. Die makrochemische Analyse kann erst der mikrochemischen folgen.

Die chemischen Substrate der Gewebe entsprechen ihrer physiologischen Function.

Haben aber auch die bisherigen histiochemischen Forschungen noch nicht zu viel allgemeineren Sätzen und Anschauungen geführt, so hat sich doch auch hier der Satz bestätigt, dass die chemische Natur der Gewebe oder der wesentlichsten Gewebselemente stets entsprechend ist ihrer Function. Wissen wir auch noch nicht, welche Ursachen dieses oder jenes Gewebssubstrat gerade für den einen und nicht für den andern Zweck tauglich machen, so sehen wir doch soviel, dass analog constituirte Stoffe nur in analog constituirten Geweben abgelagert sind.

Interstitialsäfte der Gewebe.

Bei der chemischen Betrachtung der Gewebe darf jedoch ein Umstand nicht unberücksichtigt bleiben, den die reine Histiologie zu ignoriren pflegt, nämlich die Beschaffenheit und Constitution des die Gewebe durchtränkenden Saftes. Es lässt sich nämlich wo nicht nachweisen, doch wenigstens errathen, dass dieser Saft wesentlich auf die physiologische Function der betreffenden Gewebstheile einwirkt oder von dieser influenzirt wird. Genauere Untersuchungen einiger solcher Gewebssäfte haben nicht bloss die wesentliche Verschiedenheit derselben von der Blutflüssigkeit und den einfachen Transsudaten dargethan, sondern auch bereits manche interessante physiologische Gesichtspunkte eröffnet.

Knochengewebe.

Histiologische Constitution.

Die Knochensubstanz der Wirbelthiere ist von verschiedenen Höhlen und Canälen durchzogen, welche im frischen Objecte mit Nährflüssigkeiten verschiedener Art erfüllt sind, und getrocknet die nicht flüchtigen Bestandtheile ihres frühern Inhalts einschliessen. Die grössten, mit blossen Augen wahrnehmbaren Knochenhöhlen sind die grosse Markhöhle im Mittelstücke der Röhrenknochen und die zellenförmigen Räume spongiöser Knochen und Knochentheile, so wie die sog. Foramina nutritia, durch welche Gefässe und Nerven in die Knochen eindringen. Ein zweites Röhrensystem der eigentlichen Knochensubstanz sind die sog. Markcanälchen, *Haversische Canäle;* diese, von 0,01 bis 0,05‴ Durchmesser, durchziehen netzförmig vorzugsweise den compacteren Theil der Knochen und münden, vielfach unter einander anastomosirend, theils in die grosse Markhöhle der langen Knochen und in die zellenförmigen Räume der spongiösen, theils auf die Oberfläche der Knochen nach dem Periosteum hin. Die diese Hohlräume umgebende Knochensubstanz ist noch mit einer dritten Gruppe viel feinerer Canälchen durchzogen; diess sind die sog. Knochenkörperchen und Ductuli chalikophori. Diese Räume sind in getrockneten Knochen lufthaltig und erscheinen daher unter dem Mikroskop schwarz; durch diese länglich linsenförmigen Knochenkörperchen (*Knochenhöhlen,* 0,01‴ lang, 0,004‴ breit, 0,003‴ dick) und ihre zahllosen unter einander communicirenden Ausläufer (Ductuli) wird die Grundsubstanz der Knochen äusserst porös.

Knochenhöhlen. — Markcanälchen. — Knochenkörperchen.

Knochenmark.

Das *Knochenmark* erstreckt sich nicht bloss in die grosse Markhöhle, sondern dringt auch in die zellenartigen Räume der Gelenktheile und der spongiösen Knochen ein, nicht aber in die Haversischen Canälchen. Während im Mark neben dem eigentlichen Markstoffe etwas Bindegewebe und einige Gefässe enthalten sind, treten in jene Canälchen Blutgefässe und ihnen zugehörige Nerven.

Constitution der Knochenkörperchen.

Die Knochenkörperchen und ihre Ausläufer sind nicht mit Kalksalzen erfüllt, wie man früher annahm, sondern mit einer tropfbaren Flüssigkeit, deren chemische Natur man noch nicht kennt; sie sind aber auch nicht einfache Höhlungen des Knochens, sondern mit einer eigenthümlichen Membran umgeben.

Knochenlamellen, und

Die zwischen den beschriebenen Höhlen befindliche Knochensubstanz ist keineswegs eine vollkommen homogene Masse; zunächst erkennt man um das Lumen jedes Haversischen Canälchens (auf guten Querschliffen) eine Anzahl *concentrischer Kreise*, welche wahrhafte *Lamellen* von 0,002 bis 0,005‴ Dicke sind. Ein anderes System solcher Lamellen geht noch der äussern und innern Oberfläche des Knochens parallel; ausser diesen finden sich noch zwischen den Lamellen der Haversischen Canälchen isolirte Gruppen solcher Lamellen. Diese Lamellen selbst sind aber wiederum nicht völlig homogen; denn man bemerkt in ihnen noch eine Unzahl blasser *Körnchen* (von etwa 0,0002‴ Dicke).

Knochenkörnchen.

Chemische Constitution der morphotischen Elemente.

Chemisch lassen sich die verschiedenen morphotischen Elemente des Knochengewebes zur Zeit noch nicht näher verfolgen; man weiss nur so viel, dass, während die eigentliche Grundsubstanz des Knochens aus einem innigen Gemeng von Knorpelsubstanz (glutingebender Materie) und Kalksalzen besteht, jene die Knochenkörperchen und deren Ausläufer auskleidende Haut aus einer eiweissartigen, in kochendem Wasser unlöslichen Materie besteht.

Dass jene in den freien Knochenlamellen erkennbaren Körnchen aus Kalkphosphat bestehen sollten, ist sehr zweifelhaft.

Allgemeine chemische Bestandtheile der Knochen.

Die chemischen die Knochensubstanz betreffenden *Untersuchungen* sind meistens nur darauf hinausgegangen, das Verhältniss der Hauptbestandtheile zu einander in verschiedenen Parthien des Knochengerüstes unter verschiedenen physiologischen und pathologischen Verhältnissen zu ermitteln.

Alle Knochen der Wirbelthiere enthalten ausser der Knorpelsubstanz, welche den Haupttheil aller organischen Materie ausmacht, immer grössere oder geringere Mengen *Fett* und *nicht leimgebende eiweissartige Materien*, theils von den Blutgefässen der Knochen, theils von der erwähnten, die feinsten Knochenräume überziehenden Haut herrührend. Die *anorganischen Bestandtheile* der Knochen, die gewöhnlich mehr als die Hälfte der ganzen Knochenmasse ausmachen, sind in verschiedenen Proportionen gemischt und bestehen aus phosphorsaurem Kalk ($\dot{C}a_3 \ddot{P}$), der stets in überwiegender Menge vor-

handen ist, aus kohlensaurem Kalk, etwas Fluorcalcium und phosphorsaurer Talkerde. Merkwürdig ist ein scheinbar constanter Gehalt der Knochenasche von Reptilien und Fischen an schwefelsaurem Alkali (*von Bibra*); sonst finden sich in der Knochenasche der meisten Thiere nur wenig lösliche Salze, wie Chlornatrium und kohlensaures Natron, die wohl nur von den die Knochen durchdringenden Säften herrühren.

Knochenknorpel.

Der Knochenknorpel, Osseïn, durch längere Digestion von Knochen mit verdünnter Salzsäure oder Salpetersäure erhalten, bildet in feuchtem Zustande eine ziemlich elastische, gelblich durchscheinende Substanz, welche die Form des ursprünglichen Knochenstückes beibehalten hat; beim Trocknen wird sie hart und nur wenig spröd. Ist sie lange genug mit Säure behandelt worden, so hinterlässt sie nur eine Spur von Asche; ihre atomistische Zusammensetzung wurde ganz gleich der des aus ihr durch Kochen hervorgehenden Glutins gefunden (*Marchand, von Bibra, Frémy*). Das Osseïn der Säugethiere, Vögel, Amphibien und Fische ist identisch, eben so das aus Knochen von Individuen des verschiedensten Lebensalters (*Frémy*). Embryonale Knochen geben dagegen bis zu den letzten Zeiten des Intrauterinlebens keinen Leim, sind also vom Osseïn wesentlich verschieden. In krankhaft veränderten Knochen hat man es stets von derselben Beschaffenheit und derselben Zusammensetzung gefunden, wie in gesunden (*von Bibra, Ragsky*). Nur in einigen fossilen Knochen verhielt es sich wie bereits durch Kochen gebildetes Glutin (*von Bibra*).

Nur in den Knochen einiger Wasservögel und Fische fand *Frémy* einen vom Osseïn verschiedenen Körper, der, obwohl mit ihm isomer, beim Kochen keinen Leim gab.

Fett.

Das Fett der Knochen dürfte nur zum geringsten Theile der Grundsubstanz angehören, da das fettreiche Knochenmark nicht einmal bis in die Haversischen Canäle eindringt; nur in krankhaft rarificirtem Knochengewebe findet man grössere Mengen Fett in den entstandenen Hohlräumen abgelagert. Das Fett der Knochen ist meist elaïnreicher und daher flüssiger, als das Fett anderer Organe des thierischen Körpers.

Mineralbestandtheile.

Das Verhältniss der Mineralbestandtheile in der Knochensubstanz ist ungefähr folgendes: 57 Th. phosphorsaurer Kalk, 8 Th. kohlensaurer Kalk, 1 Th. Fluorcalcium und 1 bis 2 Th. phosphorsaure Talkerde. Die Schwankungen in dieser Proportion der Mineralstoffe der Knochen pflegen nie sehr gross zu sein, namentlich nicht in Knochen desselben Individuums.

Verschiedenheit der Constitution der verschiedenen Knochen desselben Individuums.

Rücksichtlich der Constitution der verschiedenen Knochen eines und desselben Individuums gilt Folgendes: die Knochen der Extremitäten sind reicher an Erden als die des Rumpfes, und die des Femur und Humerus reicher daran als die übrigen Röhrenknochen; die Schädelknocken gleichen in dieser Hinsicht den letzteren; die Metacarpus- und Metatarsusknochen, so wie die des Beckens gleichen denen

des Rumpfes; die Rippenknochen und Schlüsselbeine enthalten etwas mehr Mineralsubstanz als die Wirbelknochen, die spongiösen Knochen somit etwas mehr organische Materie als die compacten (*Berzelius, Rees, v. Bibra, Frerichs, Frémy*). In den kurzen Knochen ist (selbst wenn man die spongiöse Substanz möglichst entfernt hat) constant mehr Fett als in den cylindrischen gefunden worden. Die platten Knochen sind etwas wasserhaltiger als die cylindrischen.

Verschiedenheit der Constitution der Knochen.

In der Constitution der Knochen beider Geschlechter hat man keinen wesentlichen Unterschied gefunden, ebensowenig in denen verschiedener Lebensalter (*v. Bibra, Frémy, Stark, Heintz, v. Recklingshausen*).

je nach dem Geschlechte; nach dem Lebensalter;

Rücksichtlich der Knochen von Säugethieren ist Folgendes (hauptsächlich durch *v. Bibra* und *Frémy*) festgestellt: die der Herbivoren sind etwas reicher an kohlensaurem Kalk als die der Carnivoren, besonders reich daran sind aber die der Pachydermen und Cetaceen. Fette Thiere pflegen auch in ihren Knochen mehr Fett zu enthalten. Die menschlichen Knochen scheinen einigen Untersuchungen nach reicher an Wasser zu sein als die aller andern Säugethiere.

der Säugethiere,

Die Knochen der Vögel enthalten mehr Erden als die der Säugethiere, besonders die der Scharrvögel (76% ja bis 84%); relativ zum phosphorsauren Kalk ist in ihnen etwas mehr kohlensaurer Kalk enthalten als in denen der Säugethiere. Die Knochen der körnerfressenden Vögel enthalten immer etwas Kieseläure. Fett findet man in den Vögelknochen mehr als in denen der Säugethiere; auch scheinen sie durchschnittlich mehr Wasser als die der letztern zu enthalten.

der Vögel,

Die Knochen der Amphibien sind ärmer an Erden (55 bis 63%) als die der Säugethiere; ihre Asche enthält immer schwefelsaures Natron.

der Amphibien,

Noch ärmer an Mineralstoffen sind die Knochen der Fische (21 bis 57%); auch sie enthalten schwefelsaures Natron und sind reicher sowohl an Fett wie an Wasser, als die aller andern Thiere.

der Fische.

Fast bei allen pathologischen die Knochen befallenden Processen werden ihnen die mineralischen Stoffe früher und in grösserer Menge entzogen, als die organische Materie; findet theilweise Verödung, Rarefaction des Knochengewebes statt, so werden die gebildeten Höhlungen gewöhnlich mit flüssigem Fett ausgefüllt.

Constitution pathologischer Knochen.

Wird in jenen Höhlen später wieder Knochenmasse abgelagert, so behalten die organischen Materien immer das Uebergewicht; daher selbst in sklerosirten Knochen sich weit mehr organische Materie vorfindet, wie in normalen.

Proportion zwischen organischer und anorganischer Materie.

Was das Verhältniss der Mineralbestandtheile krankhafter Knochen unter einander betrifft, so scheint der kohlensaure Kalk immer im entsprechenden Verhältniss zum phosphorsauren ab- und zuzunehmen; nur in Osteophyten und Neubildungen von Knochen pflegt ein Plus von

Proportion zwischen kohlensaurem und phosphorsaurem Kalk.

kohlensaurem Kalk im Verhältniss der Zahl desselben Salzes in normalen Knochen gefunden zu werden.

Fossile Knochen.

Bei der Beurtheilung der chemischen Constitution fossiler Knochen ist stets auf die Lagerstätte Rücksicht zu nehmen, der sie entlehnt sind; denn die Masse, in welcher solche Knochen eingebettet wurden, wirkt nicht bloss dadurch ein, dass sie sich leicht in die Knochencanäle infiltrirt, wie z. B. kohlensaurer und schwefelsaurer Kalk, sondern sie wirkt auch chemisch, indem sie die organische Materie oder das Kalkphosphat zersetzt oder umwandelt. Es ist daher leicht ersichtlich, warum der Gehalt fossiler Knochen an organischer Materie so verschieden ist; es giebt fossile Knochen, welche kaum eine Spur organischen Stoffes mehr enthalten, während andere fast noch ebenso reich daran sind als frische Knochen.

Gehalt an organischer Materie,

Das Kalkphosphat findet man zuweilen zu kleinen Apatitkrystallen angeordnet.

phosphorsaurem Kalk,

Kohlensaurer Kalk ist meistens reichlicher in solchen Knochen enthalten, theils weil er von aussen infiltrirt ist, theils weil das Kalkphosphat durch kohlensaure Salze der Lagerstätte zerlegt wurde. Talkerde wird durchschnittlich in den Knochen fossiler Wirbelthiere in grösserer Menge gefunden, als in frischen Knochen.

kohlensaurem Kalk,

Hervorzuheben ist, dass die meisten fossilen Knochen weit reicher an Fluorcalcium sind, als moderne.

Fluorcalcium.

Alaunerde, Eisenoxyd und Kieselsäure, die oft in fossilen Knochen gefunden werden, sind jedenfalls infiltrirt.

Zahngewebe.

Morphotische Bestandtheile.

Jeder Zahn besteht aus drei morphotisch von einander verschiedenen Theilen, nämlich aus dem Zahnbein, dem Zahnschmelze und dem Caemente.

Zahnbein.

Das Zahnbein, substantia tubulosa, ist ein mit einer zur Aufnahme der Nerven und Ernährungsgefässe bestimmten kolbenförmigen Höhle versehener spindelförmiger oder keilförmiger Körper. Feine Canälchen gehen durch diese Substanz von der Zahnhöhle aus divergirend nach dem äussern Ueberzuge, gegen welchen hin sie sich noch feiner verästeln; hie und da finden sich (anstatt der Knochenkörperchen) in dieser Substanz kugelförmige Lücken, die Interglobularräume. Die letztern sind von einer besondern in Essigsäure und in kochendem Wasser unlöslichen Haut überzogen, an der man einen Kern wahrnimmt; sie treten deutlich hervor, wenn man das Zahnbein durch verdünnte Salzsäure von Salzen befreit und den Knorpel durch Kochen in Wasser auflöst. Dieser Knorpel liefert Glutin.

Interglobularräume.

Chemische Bestandtheile.

Wie die Knorpelmaterie des Zahnbeins, so sind auch die Mineral-

bestandtheile dieselben, wie die der Knochen; ihre Menge beträgt aber durchschnittlich 72%.

Der Zahnschmelz, substantia vitrea s. adamantina, ist eine sehr harte und ziemlich spröde, weder von Canälen noch Lücken durchzogene compacte Masse, welche aus 4- oder 6seitigen Prismen ähnlichen, von der Zahnkrone divergirend ausgehenden Fasern besteht. Werden aus dem Schmelze durch Salzsäure die Salze ausgezogen, so hinterbleibt eine Art Gerüst jener Prismen, welches beim Kochen sich nicht löst, sondern zerplatzt und sich wie Epithelialsubstanz gegen Reagentien verhält. An organischer Materie findet sich im Zahnschmelze nur 2 bis 6%. Neben 88% phosphorsaurem Kalk und 7 bis 8% kohlensaurem ist verhältnissmässig viel Fluorcalcium (4%) im Zahnschmelze enthalten (*v. Bibra*).

Zahnschmelz.

Schmelzprismen.

Das den Hals und die Wurzel des Zahns überziehende Caement gleicht insofern der gewöhnlichen Knochensubstanz, als darin Knochenkörperchen mit ihren Ausläufern vorkommen, allein Havers'sche Canälchen sind nicht darin enthalten. Die chemische Constitution des Caements stimmt ziemlich mit der der Knochen überein.

Caement.

Backenzähne enthalten durchschnittlich etwas mehr Mineralsubstanzen als Schneidezähne (*Lassaigne*, *v. Bibra*). Verhältnissmässig reich an organischer Materie sind die Stosszähne des Elephanten und des Wildschweins. Die Zähne der Pachydermen enthalten mehr phosphorsaure Talkerde, als die andrer Thiere.

Constitution verschiedener Zähne.

Knorpelgewebe.

Histiologisch sind zwei Arten von Knorpeln zu unterscheiden: wahre Knorpel und Faserknorpel.

Die wahren Knorpel bestehen aus einer für den ersten Blick ziemlich homogenen Grundsubstanz mit zahlreichen Höhlen, in welchen eine oder mehrere Zellen mit einfachem oder mehrfachem Kern eingebettet sind.

Wahre Knorpel. Morphotische Beschaffenheit.

Die Grundsubstanz ist aber keineswegs vollkommen homogen; in der Regel erscheint sie feinkörnig, oft auch etwas fasrig. Durch mikrochemische Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure und nachherigen Zusatz von Wasser erkennt man, dass die Körnchen oder Fäserchen der Intercellularsubstanz später gelöst werden als die zwischen ihnen befindliche Knorpelmaterie. Durch 12 bis 48stündiges Kochen mit Wasser an der Luft oder einstündliche Behandlung mit Wasser im Papinianischen Digestor (*Hoppe*) wird die ganze Grundsubstanz des Knorpels sammt den Körnchen aufgelöst, ungelöst bleiben nur die Zellenbildungen.

Mikrochemisches Verhalten.

Nur die Intercellularsubstanz des Knorpels liefert Chondrin; die chemische Constitution der Knorpelzellen ist daher wesentlich von

Chemische Constitution.

der der Intercellularsubstanz verschieden; indessen kennt man jene noch keineswegs genau; man weiss nur soviel, dass die Kerne jener Zellen noch länger der Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure oder Kalilauge und Wasser widerstehen als die Hüllenmembranen; die Haupthüllenmembran der Mutterzelle verschwindet sogar dem Auge nach längerer Einwirkung von Essigsäure (*Mulder* u. *Donders, Hoppe*).

Faserknorpel. Morphotische Beschaffenheit.

Die Faserknorpel enthalten neben den gewöhnlichen Knorpelzellen eine durchaus fasrige Grundsubstanz; die Fasern derselben verlaufen entweder einander parallel oder kreuzen sich in verschiedenen Richtungen, haben gewöhnlich dunkle scharfe Conturen und zeigen keine Spuren von Kernbildungen.

Chemische Constitution.

In der Constitution der Zellen dieser Knorpel hat man bis jetzt keinen Unterschied von der der Zellen wahrer Knorpel gefunden; dagegen zeigen mikrochemische wie makrochemische Versuche, dass der aus der fasrigen Intercellularsubstanz hervorgehende Leim nicht mit dem Chondrin der wahren Knorpel identisch ist; die Lösung dieses Leimes giebt mit Gerbsäure nur eine geringe Fällung, mit Alaun zwar gleich dem Chondrin einen compacten Niederschlag, der sich jedoch nicht in überflüssiger Alaunlösung wieder auflöst; so bewirkt auch Platinchlorid einen im Uebermaass des Fällungsmittels unlöslichen Niederschlag.

Mikrochemisches Verhalten.

Lässt man unter dem Mikroskop auf Praeparate solcher Knorpel Kalilauge, Schwefelsäure oder concentrirte Essigsäure einwirken, so verschwindet die Faserung der Grundsubstanz nur dem Auge; die Fasern lösen sich aber nicht, sondern quellen nur gallertartig auf und werden dadurch unsichtbar. In concentrirter Schwefelsäure bleiben gewöhnlich noch einige den Kernfasern ähnliche Fibrillen sichtbar.

Faserknorpel, deren Grundsubstanz Bindegewebe ist.

Es giebt auch Faserknorpel (z. B. den Zwischenknorpel des Kniegelenks), deren Grundsubstanz aus wirklichem, aber sehr festem, fasrigem Bindegewebe mit einzelnen Kernfasern besteht; dieselben liefern daher auch beim Kochen mit Wasser kein Chondrin, sondern Glutin. Die von der Grundsubstanz eingeschlossenen Zellen verhalten sich wie die der wahren Knorpel.

Faserknorpel, deren Fasergerüst elastisches Gewebe ist.

Bei einer dritten Art von Faserknorpeln (Kehldeckel, Ohrknorpel u. s. w.) besteht das die isolirten Zellen einschliessende Fasergerüst aus einem dichten Gewebe feiner elastischer Fasern. Weder durch concentrirte Kalilauge noch Schwefelsäure werden diese Fasern verändert, während die von ihnen eingeschlossenen Zellen nach 6- bis 7stündiger Einwirkung jener Reagentien und nachmaligem Zusatz von Wasser zerstört werden.

Gehalt der Knorpel an Fett.

Quantitativ ist das Knorpelgewebe noch nicht genau untersucht worden. Die 2 bis 5% Fett, welche man aus der trocknen Knorpelsubstanz auszuziehen vermag, sind vorzugsweise in den Knorpelzellen abgelagert, wiewohl auch einzelne Tröpfchen in der Intercellularsubstanz wahrzunehmen sind.

Gehalt an Wasser.

Der Wassergehalt schwankt in den frischen Knorpeln zwischen 54 bis 70%.

Mineralstoffen.

An Mineralstoffen hat man in den Rippenknorpeln 3 bis 6% gefunden; dieselben bestehen aus phosphorsaurer Kalk- und Talkerde, kohlensaurem Alkali und auffallend viel Chlornatrium und Sulphaten.

Bindegewebe.

Morphotische Beschaffenheit.

Dieses Gewebe bildet ein bald engeres bald weiteres Netzwerk langer, feiner, meist zu Bündeln vereinigter Fasern; in den serösen Häuten sind die Fasern dichter gruppirt, bilden dickere einander vielfach durchkreuzende Bündel, die ziemlich weite Maschen zwischen sich lassen; liegen die Faserbündel dichter neben einander und folgen sie meist einer Richtung, so bilden sie Bänder und Sehnen. Abgesehen von Gefässen, Nerven und Fettzellen kommen im Bindegewebe constant sogenannte Kernfasern oder elastische Fasern vor.

Chemische Constitution.

Wird Bindegewebe in kochendes Wasser gebracht, so schrumpft es anfangs etwas zusammen, quillt aber bald gallertartig auf und löst sich bei fortgesetztem Kochen. Durch Quecksilberchlorid, Alaun, basisch schwefelsaures Eisenoxyd, Gerbsäure wird es contrahirt und verliert seine Fäulnissfähigkeit. Durch Kochen mit verdünnten Säuren oder Alkalien wird es noch viel schneller in Glutin verwandelt, als beim Kochen mit reinem Wasser.

Mikrochemisches Verhalten.

In concentrirter Essigsäure schwillt es gallertartig auf, so dass es unter dem Mikroskop unsichtbar wird; allein es wird dadurch nicht aufgelöst; denn wäscht man das Praeparat mit Wasser aus oder neutralisirt die Säure mit Ammoniak, so treten die Fasern in ihrer frühern Form wieder hervor. Da diese Fasern durch Essigsäure unsichtbar werden, die elastischen Fasern des Bindegewebes aber unverändert bleiben, so werden letztere durch dieses Reagens unter dem Mikroskop viel sichtbarer.

In Alkalien quellen die Bindegewebsfasern ebenfalls auf, werden aber auf nachmaligen Zusatz von Wasser wahrhaft aufgelöst.

Schleimgewebe oder embryonales Bindegewebe.

Das embryonale Bindegewebe besteht aus spindelförmigen Zellen und einer eigenthümlichen Zwischensubstanz, welche bei Digestion mit Wasser neben Eiweiss eine gallertartig schleimige Substanz liefert; sie giebt aber beim Kochen weder Glutin noch Chondrin. Man hat vorgeschlagen, sie Schleimgewebe zu nennen (vergl. oben S. 189 »Mucin«).

Elastisches Gewebe.

Die elastischen Fasern zeigen sich unter dem Mikroskop entweder als platte, ziemlich breite, etwas brüchige, viel verästelte Bänder oder

als schmälere, sich gern spiralig aufwickelnde, mit Kernen besetzte Fasern (Kernfasern). Sie finden sich meistens andern Geweben eingestreut, so die Kernfasern dem Bindegewebe.

Kommen die elastischen Fasern in grössern Gruppen vor, so bilden sie bald weitmaschige oder arabeskenförmige Netze mit hakenförmigen Krümmungen, bald ein ziemlich gleich grosse Zwischenräume lassendes, einem anastomosirenden Gefässnetze gleichendes Haufwerk. In grösster Menge, aber immer mit den Fasern anderer Elementargewebe gemengt, finden sie sich in den gelben Bändern der Wirbelsäule und in dem Nackenbande.

Chemisches Verhalten.

Ihre Elasticität verlieren diese Fasern weder durch Spiritus noch durch Kochen mit Wasser; selbst wenn letzteres 60 Stunden lang fortgesetzt wird, werden sie nicht aufgelöst. Dagegen verwandeln sie sich nach 30stündigem Kochen bei 160° C. in eine bräunliche, nach Leim riechende, nicht gelatinirbare Flüssigkeit, welche durch Gerbsäure, Pikrinsäure und Sublimat gefällt wird, nicht aber durch andere Chondrin praecipitirende Reagentien (vergl. oben S. 191).

In kalter concentrirter Essigsäure ist die elastische Faser unlöslich; in mässig verdünnter Salzsäure löst sie sich mit brauner Farbe; das dadurch entstandene Umwandlungsproduct ist in Wasser und Alkohol löslich.

Mit mässig concentrirter Schwefelsäure digerirt liefert sie nur Leucin, aber weder Glycin noch Tyrosin.

In mässig concentrirter Kalilauge wird sie erst nach tagelangem Erwärmen in eine gallerartige Masse verwandelt.

Reindarstellung.

Um sich reine elastische Faser zu verschaffen, muss man durch Kochen mit Wasser, Kochen mit Essigsäure und Behandeln mit verdünnter Kalilauge andere Gewebselemente entfernen.

Horngewebe.

Die Horngewebe verschiedenster Art bestehen aus vertrockneten Zellen.

Die Structur der dem Horngewebe angehörigen Epidermis, der Nägel (Klauen und Hufe), Hörner und des Fischbeins kann fast nur durch Anwendung gewisser Reagentien klar gemacht werden, durch welche alle diese Gewebe in kernhaltige Zellen zerfallen; sie sind also nicht als verschiedene Formbildungen eines und desselben Grundstoffs, des oben S. 189 beschriebenen Keratins zu betrachten.

Mikrochemisches Verhalten gegen Wasser.

Schon durch Behandlung mit kaltem oder lauem Wasser werden die meisten der hieher gehörigen Gewebe aufgelockert und in Zellen zerlegt, an denen mehr oder weniger deutlich ein Kern wahrzunehmen ist. Am leichtesten zerfallen die Epidermis und Epidermoïdalwucherungen in solche flachgedrückte ovale Zellen, besonders die dem Rete Malpighii nahe gelegenen; langsamer wirkt Wasser auf die Nagelsubstanz ein; nur wenig auf Hörner und Hufe, auf Fischbein und Schildpatt gar nicht.

Verhalten gegen ätzende Alkalien,

Aetzende Alkalien, besonders Aetznatron, legen in ihren concontrirtesten Lösungen die zellige Structur aller dieser Gewebe aufs deutlichste dar. Auf die Epidermis wirken schon verdünnte alkalische Laugen so intensiv ein, das sich die Epidermisplättchen in ovale oder sphaerische helle Blasen verwandeln, aus denen der vorher sichtbare Kern allmälig verschwindet. Ganz ähnliche Erscheinungen, nur langsamer, bewirken die ätzenden Alkalien an Nagel- und Hornsubstanz, besonders wenn die mit concentrirten Laugen behandelten Praeparate mit Wasser zersetzt werden. Auch die Lamellen des Fischbeins stellen sich bei gleicher Behandlung aus plattgedrückten Zellen bestehend dar; immer wird die Kernsubstanz leichter aufgelöst, als die Hüllenmembran jener Zellen. Das Schildplatt zerfällt erst nach längerer Einwirkung derselben Reagentien in polygonale und ovale Zellen (*Donders* und *Mulder*, *Paulsen*, *Kölliker*).

Säuren.

Essigsäure wirkt auf die Horngewebe wenig oder gar nicht ein.

Schwefelsäure macht namentlich bei gelindem Erwärmen in allen diesen Geweben die zellige Structur sichtbar.

Salpetersäure färbt die meisten dieser Gewebe gelb, bringt aber die Zellen unvollkommen oder gar nicht zur Anschauung.

Die vier Gewebselemente der Horngewebe.

Es lässt sich aus diesen Reactionen schliessen, dass alle diese Gewebe aus Zellen oder kernhaltigen Bläschen hervorgegangen sind, die, ohne sich wie Zellen anderer Organe morphotisch weiter auszubilden, gewissermaassen vertrockneten und nur noch durch eine meist nicht sicher nachweisbare Intercellularsubstanz conglutinirt erhalten werden. Ausser der problematischen Intercellularsubstanz sind in jedem Gewebe noch drei morphotisch und chemisch verschiedene Stoffe nachzuweisen, nämlich die in Alkalien so sehr schwer lösliche Substanz der Zellenmembranen, der leichter in Alkalien lösliche Zelleninhalt sammt Kern und die in Alkali völlig unlöslichen, keineswegs bloss aus Fett bestehenden körnigen Materien, welche nach völliger Auflösung einiger jener Gewebe zurückbleiben.

Chemische Bestandtheile.

Der Gehalt dieser Gewebssubstanzen an Mineralstoffen schwankt nicht erheblich um 1%; ziemlich schwankend ist aber ihr Gehalt an unoxydirtem Schwefel; in der Epidermis fand man nur 0,74%, im Schildpatt 2,22%, in der Nagelsubstanz 2,80%, im Kuhhorn 3,42%, im Fischbein 3,60% und in Pferdehufen 4,23%. Durchschnittlich enthalten sie 51% Kohlenstoff, 6,8% Wasserstoff, 17% Stickstoff und 20 bis 22% Sauerstoff.

Embryonale Horngewebe.

Nach *Cl. Bernard's*[1]) neuesten Untersuchungen findet sich während der ersten Hälfte des Intrauterinlebens bei Embryonen verschiedener Thiere Glykogen in den Zellen vor, die entweder das Horngewebe bilden oder dessen Bildung vorangehen, also in den Epithelien der Epi-

1) *Cl. Bernard*, Compt. rend. T. 48, p. 673 684.

dermis, der Schleimhaut des Darmcanals und der Luftwege, in den Hufen, Klauen und ersten Anlagen der Hörner.

Um das Glykogen in den embryonalen Geweben kenntlich zu machen, empfiehlt *Cl. Bernard* neuerdings die Anwendung alkoholischer Kalilauge (Aetzkali in Spiritus von 38^0 bis 40^0 aufgelöst); dieselbe lässt das Glykogen ungelöst, während es den grössten Theil der albuminösen Substanzen theils löst, theils vertheilt, theils durchscheinend macht. Nach 24stündiger Einwirkung pflegt der grösste Theil des Glykogens auf dem Boden des Gefässes befindlich zu sein, von wo es dann mittelst einer Pipette zur mikrochemischen Untersuchung gebracht werden kann.

Um die oben S. 152 erwähnte weinrothe Färbung des Glykogens und glykogenhaltiger Gewebe recht deutlich zu erhalten, empfiehlt *Bernard* Spiritus von 38^0 mit Jod zu sättigen, und kurz vor der Anwendung dieses Reagens auf die mikroskopischen Praeparate dasselbe mit einer gleichen Menge Eisessigsäure zu mengen; die letztre verhindert die Diffusion der glykogenen Substanz, so dass man sie mikroskopisch nur in dem Theile des Gewebes sieht, wo sie ursprünglich abgelagert war. Das mikroskopische Praeparat darf deshalb auch nicht vorher mit Wasser befeuchtet werden.

Haargewebe.

Rücksichtlich der chemischen Constitution dieses Gewebes hat bis jetzt nur der Haarschaft einer nähern Erforschung unterlegen; derselbe besteht histiologischen Forschungen nach aus drei wesentlichen Theilen, nämlich dem Oberhäutchen, der Rindensubstanz und dem Marke.

Oberhäutchen.

Das Oberhäutchen der Haare besteht aus dachziegelförmig über einander gelagerten Plättchen; diese Plättchen, welche isolirt äusserst durchsichtig und viereckig erscheinen, ohne Kern oder andern Inhalt, zeichnen sich durch ihre vollkommene Unlöslichkeit in ätzenden Alkalien und concentrirter Schwefelsäure aus.

Fasersubstanz.

Die Rinden- oder Fasersubstanz, welche den bedeutendsten Theil des Haars ausmacht, zerfällt durch concentrirte Schwefelsäure, namentlich bei gelindem Erwärmen, zunächst in platte, lange Fasern, welche sich wiederum in lange, schmale Plättchen mit länglichem, dunklem Kern zerklüften.

Nach längerer Digestion mit verdünnter Kalilauge löst sich die Rindensubstanz mit Zurücklassung jener langen, spindelförmigen Kerne auf.

In der Fasersubstanz sind einzelne mit Luft erfüllte Lücken und ausserdem je nach der Färbung des Haars mehr oder weniger Häufchen von Pigmentkörnchen enthalten.

Marksubstanz.

Die Marksubstanz des Haars, welche nur deutlicher erkannt werden kann, wenn die Rindensubstanz durch Behandlung mit Alkalien durchsichtiger geworden ist, besteht aus reihenweise eng aneinanderliegenden, viereckigen, seltner rundlichen Zellen, welche nach Behandlung mit Alkalien neben einem hellen, rundlich ovalen Flecke (Kern-

rudimente) dunkle Körnchen enthalten; letztere sind wenigstens zum grossen Theil nichts als sehr kleine Luftbläschen.

Chemische Bestandtheile.

In den entfetteten Haaren hat man nach Abzug der Asche 50,65% Kohlenstoff, 6,36% Wasserstoff, 17,14% Stickstoff, 20,85% Sauerstoff und 5,0% Schwefel gefunden.

Farbstoff.

Einen besondern Farbstoff der Haare hat man chemisch nicht nachzuweisen vermocht.

Die weisse Farbe der Haare rührt von einem reichlichern Gehalte an Luft her; der Eisengehalt der Haare ist ohne Einfluss auf deren Farbe.

Fette.

Das Fett der Haare besteht aus Margarin, Margarinsäure und Elaïn, denen flüchtige Säuren des Schweisses anhaften.

Mineralstoffe.

Der Gehalt der Haare an Mineralbestandtheilen ist sehr schwankend (zwischen 0,54 und 1,85%), ohne dass derselbe jedoch von Einfluss auf die Farbe oder eine andere Eigenschaft der Haare ist. Der Gehalt der Haare an Eisenoxyd schwankt zwischen 0,058 und 0,390%; immer enthalten die Haare etwas Kieselsäure und zwar die der Thiere durchschnittlich mehr als die des Menschen.

Wolle, Borsten, Federn.

Wolle und Borsten haben ziemlich gleiche Zusammensetzung mit den Haaren; die Federn sind dagegen viel ärmer an Sauerstoff und zeichnen sich namentlich durch einen grössern Kieselsäuregehalt aus.

Contractile Faserzellen.

Glatte Muskeln.

Die Zellen kommen zu Bündeln und Häuten gruppirt in den sogenannten glatten Muskeln vor; sie finden sich aber auch vielen andern Geweben eingestreut, welche ihnen eine durch Nerveneinflüsse bedingte Contractilität verdanken.

Form der Zellen.

Die Zellen stellen sich gewöhnlich als lange, spindelförmige, schmale Fasern dar mit fein auslaufenden Enden; oft bilden sie auch in die Länge gezogene viereckige oder keulenförmige Plättchen, nicht selten mit gefranzten Rändern; in den meisten ist ein vorzüglich auf Essigsäurezusatz erkennbarer, cylindrischer oder stäbchenförmiger, völlig homogener Kern ohne Kernkörperchen enthalten.

Mikrochemische Reactionen.

Ausser durch verdünnte Essigsäure wird auch durch höchst verdünnte Chlorwasserstoffsäure (1 Th. S. auf 3000 Th. W.) die Zellensubstanz pellucider und der Kern sichtbarer gemacht. Längere Einwirkung verdünnter Säure oder concentrirterer Essigsäure löst die Zellsubstanz unter Zurücklassung meist gurkenkernförmiger Kerne und feiner Fettkörnchen auf.

In concentrirter Salzsäure schrumpfen die Faserzellen zusammen, Kerne werden dabei nicht sichtbar; auf Zusatz von Wasser quellen sie aber wieder stark auf.

Durch mässig verdünnte Salpetersäure werden die Faserzellen sehr scharf contourirt und etwas zusammengezogen, so dass sie oft da, wo sie

schwerer erkennbar sind, durch jene sichtbar gemacht werden können; durch concentrirte Salpetersäure werden sie dagegen in gelblich gefärbte Fibrillen verwandelt.

Durch concentrirte Schwefelsäure, Chromsäure, ätzende Alkalien werden die Faserzellen zerstört oder wenigstens so verändert, dass dadurch ihre Constitution nicht weiter aufgehellt zu werden vermag.

In mässig concentrirten Lösungen kohlensauren Kalis oder Natrons erleiden die Faserzellen keine sichtbare Veränderung; auch längere Digestion mit einer sehr verdünnten Salpeterlösung lässt die Zellen völlig unverändert.

Sarkolemma.

Ein Sarkolemma ist an den organischen Muskeln auch chemisch nicht nachzuweisen.

Kernsubstanz.

Die chemische Natur der Kernsubstanz der Faserzellen ist noch unbekannt.

Zellsubstanz besteht wesentlich aus Syntonin.

Die Zellsubstanz löst sich, wie erwähnt, in sehr verdünnter Salzsäure; durch Neutralisation der Lösung scheidet sich eine anfangs kaum sichtbare Gallert aus, die endlich sich in Flocken auf dem Boden der Flüssigkeit ansammelt; die Lösung in Kalkwasser gerinnt beim Kochen; jene durch Neutralisation ausgeschiedenen Flocken sind in Alkalien und verdünnten Säuren leicht löslich, aber nicht in Lösungen von kohlensaurem Kali oder Salpeter. Diese Substanz stimmt also völlig mit dem Syntonin, d. h. dem Fibrin der quergestreiften Muskeln überein.

Chemische Constitution des Saftes glatter Muskeln.

Dem Gewebe der organischen Muskeln (vielleicht überhaupt dem contractilen Gewebe thierischer Organismen) gehört integrirend auch der dasselbe durchdringende und die einzelnen Zellen umspülende Saft an. Dieser nähert sich seiner chemischen Constitution nach weit mehr dem Safte der quergestreiften Muskeln, als dem Blutplasma und den Transsudaten der serösen Häute; er wird aber gewöhnlich von neutraler oder schwach alkalischer Reaction gefunden, enthält neben Albumin mehr oder weniger Caseïn, Kreatin, Hypoxanthin, sehr geringe Mengen Milchsäure, Buttersäure, Essigsäure und Ameisensäure und verhältnissmässig mehr Kali- als Natronverbindungen.

Durch *Dubois-Reymond* ist, während man früher auch in dem aus glatten Muskeln ausgepressten Safte saure Reaction gefunden zu haben glaubte, festgestellt worden, dass die glatten Muskeln weder frisch noch nachdem sie längere Zeit gelegen haben, eine saure Reaction zeigen. Die muskulöse Substanz des Magens körnerfressender Vögel hat weder frisch noch nach längerm Liegen eine saure Reaction. In der Muscularis des Schweinsmagens hat man dagegen so wie auch in den Fasern des schwangern Uterus eine solche wahrgenommen. *Valenciennes* und *Frémy* fanden neuerdings die bekanntlich nicht quergestreiften Muskeln der Mollusken von saurer Reaction.

Muskeln der Mollusken.

In dem Muskelfleisch der Acephalen und Cephalopoden fanden *Valenciennes* und *Frémy* neben Kreatin und Kreatinin erhebliche Mengen Taurin und saures Kaliphosphat.

Während der Entwicklung der glatten Muskeln in den Embryonen findet sich nach *Cl. Bernard* stets Glykogen in denselben vor.

Glykogen embryonaler Muskeln.

Quergestreifte Muskelfasern.

Die Längsstreifung, welche man an den feinern, noch mit blossen Augen wahrnehmbaren Bündeln willkürlicher Muskeln wahrnimmt, zeigt sich bei mikroskopischer Untersuchung als herrührend von noch feinern Faserbündeln, welche rundliche, unregelmässig plattgedrückte, oft hexagonale Cylinder mit deutlicher Querstreifung darstellen. Diese feinsten, quergestreiften Bündel bestehen aus dicht an einander liegenden, fast perlschnurförmigen Fäden, deren Fascikel von einer structurlosen, glatten Hülle (Sarkolemma) eng umgeben sind. Blutcapillaren und Nervenfäden verlaufen zwischen den durch Bindegewebfasern zusammengehaltenen Sarkolemmen der verschiedenen Primitivbündel. Am Sarkolemm sind hie und da rundliche Kerne wahrzunehmen; an dem vom Sarkolemm eingeschlossenen Muskelcylinder lässt sich eine Längsfaserung und eine Querstreifung deutlich unterscheiden; manche denken sich daher diese Cylinder aus langen, quergestreiften Fibrillen, andre aus über einander gelagerten Scheiben zusammengesetzt. Zwischen diesen Fäden der Primitivbündel dürfte noch eine Zwischensubstanz befindlich sein; vielleicht umspült die einzelnen Fäden der den Muskeln eigenthümliche saure Saft.

Morphotische Beschaffenheit.

Primitivbündel.

Sarkolemm.

Verdünnte Essigsäure und höchst verdünnte Mineralsäuren machen die Primitivbündel aufquellen und erblassen, die Querstreifen deutlich, eine Längsfaserung nur selten wahrnehmbar; die Kerne parallel der Längsachse in die Länge gezogen; das Sarkolemm bleibt unverändert.

Mikrochemische Reactionen.

Durch concentrirte Salzsäure oder nur wenig verdünnte Schwefelsäure zerfallen die Primitivbündel in ziemlich kurze Parallelopipeda mit deutlicher Querstreifung; Kerne und Sarkolemm sind nicht erkennbar. Ebenso verhält sich concentrirte Salpetersäure, nur mit dem Unterschiede, dass die Parallelopipeda gelb gefärbt sind. Auch Chromsäure spaltet die Primitivcylinder in intensiv gelbe, parallelopipedische Stücke; an diesen tritt aber die Längsstreifung oft ebenso deutlich hervor, wie die Querstreifung.

Sind praeparirte Muskelbündel längere Zeit mit Salpeterlösung (1 Th. in 17 Th. W.) bei 35° digerirt worden, so wird an den Primitivbündeln die Längsstreifung in vorzüglicher Weise sichtbar; der aus dem Sarkolemm hervorragende Theil des Muskelcylinders ist in einen Büschel einzelner Fäden gespalten.

Durch das Gemenge von salpetersaurem mit salpetrigsaurem Quecksilberoxydul werden die Primitivbündel in blassbläulichrothe Parallelopipeda gespalten, an denen die feinste und schärfste Querstreifung sichtbar ist. Das Sarkolemm bleibt ungefärbt.

bei Anwendung eines analogen Verfahrens auf die Blutkörperchen gewisse Veränderungen in deren Form, in ihrem Verhalten gegen Gase und ihrem Einfluss auf den Stoffwechsel überhaupt, also in Betreff ihrer Function, geltend gemacht haben: so müssen bei Anwendung chemischer Agentien auf die lebende Muskelfaser besondere Veränderungen in der Contractilität derselben d. h. also auch ihrer Function zur Erscheinung gelangen. Obgleich wir noch weit davon entfernt sind, durch solche Versuche zu einer Entscheidung über die Hauptfrage zu gelangen, so hat doch bereits derselbe *W. Kühne*[1]) eine Reihe interessanter Versuche angestellt, die zwar zunächst manche andre wichtige physiologische Fragen beantworten, aber doch auch über die uns hier vorschwebenden Gegenstände Aufschluss zu geben geeignet sind.

Wenn in einem Muskel (seien dessen Nerven durch Curare oder Coniin ausser Wirksamkeit gesetzt oder nicht) durch ein chemisches Agens eine Contraction entsteht, so kann die veranlassende Ursache derselben eben nur eine chemische sein, indem jenes Agens den Inhalt der Sarkolemmaröhren verändert. Die in diesem Bezug von *Kühne* beobachteten Thatsachen sind um so wichtiger, als sie beweisen, dass das Syntonin der lebenden, noch contractilen Muskelfaser sich keineswegs in seinen Reactionen den eiweissartigen Stoffen und dem künstlich bereiteten Syntonin ganz entsprechend verhält. So wirken zwar Salpetersäure und Salzsäure noch in ausserordentlicher Verdünnung, Chlornatrium -Calcium und -Kalium, so wie Essigsäure, Milchsäure, gallensaure Alkalien auch noch in ziemlich verdünnten Lösungen erregend (während dieselben Substanzen bei gleicher Verdünnung auf die Nerven wirkungslos sind); und man begreift die Wirkung, da alle diese Substanzen auch mehr oder weniger verändernd auf lösliche Proteïnstoffe einwirken: allein die alle Albuminate so leicht coagulirenden und völlig umwandelnden Stoffe, wie Kreosot und Alkohol, wurden ohne allen Einfluss auf die Erregung der Muskelfaser gefunden. Kann diese Thatsache nun auch keineswegs als Beweis dafür dienen, dass das Syntonin im lebenden Körper keine eiweissartige Substanz sei (denn der Nichteintritt von Zuckungen in den Muskeln bei Anwendung dieser beiden Stoffe ist wohl ebenso zu erklären, wie das Nichteintreten derselben bei Anwendung concentrirten Glycerins und concentrirter Milchsäure, während beide, wie erwähnt, im verdünnten Zustande energisch wirken): so thun solche Erfahrungen doch immerhin dar, dass zur Deutung einzelner Lebenserscheinungen die mit den fraglichen Stoffen ausserhalb des lebenden Körpers angestellten Reactionen keineswegs ausreichen. Von *Kühne's* Erfahrungen sei aber hier nur noch hinzugefügt, dass nächst den zuletzt erwähnten Stoffen auch Oxalsäure, fette Oele und Terpenthinöl ohne Einfluss auf die lebende Muskelfaser sind, während in dieser durch Chromsäure, Kupfervitriol, Eisenchlorid, neutrales und basi-

1) *W. Kühne, Reichert's* und *Du Bois-Reymonds* Arch. 1859 Hft. 3.

sches essigsaures Bleioxyd, ätzende fixe Alkalien, Kalkwasser, besonders aber durch Aetzammoniak, sehr energische Contractionen hervorgerufen werden.

Muskelsaft.

Für die physiologische Verwerthung chemischer Forschungen ist nun rücksichtlich der Muskelthätigkeit hauptsächlich die Kenntniss der chemischen Bestandtheile des in den Muskeln enthaltenen oder die Muskelfibrillen umspülenden Saftes nothwendig; auch hier wird die Frage in physiologischer Hinsicht die wichtigere sein: welche Eigenschaften, welche Bestandtheile kommen diesem Safte während des Lebens zu, und welche Veränderung erleidet er etwa während der natürlichen Function des Organes. Die Wichtigkeit einer sorgfältigern Unterscheidung des Muskelsaftes, so wie er gewöhnlich nach gewissen Vorbereitungen der chemischen Untersuchung anheimfällt, von demjenigen Muskelsafte, wie er während des Lebens die Muskelsubstanz durchfeuchtet, tritt uns schon in auffälligster Weise bei der Frage nach der sauren, alkalischen oder neutralen Reaction gegen Pflanzenfarben vor Augen. Der Saft nämlich, welcher aus mehr oder minder frischem Fleische von Menschen und Thieren erhalten wird, ist fast immer von saurer Reaction gefunden worden; die Ursache derselben wurde von *Berzelius* bereits von der Gegenwart von Milchsäure abgeleitet, von *Liebig* aber exact bewiesen, dass diese Säure zugleich neben sauren Phosphaten vorhanden sei. Hatte nun auch später jeder sorgfältige Beobachter diese Reaction das eine Mal intensiver, das andre Mal schwächer gefunden, ja war selbst von mehrern Forschern (*v. Bibra*, *Enderlin*) frisches Fleisch zuweilen neutral reagirend gefunden worden: so hielt man doch dafür, dass dieser Saft schon während des Lebens sauer reagire und diese Reaction gerade dem Muskelgewebe eigenthümlich sei. *Du Bois-Reymond* hat nun aber in einer ebenso ausführlichen als umsichtigen Untersuchung gezeigt, dass frische, d. h. noch lebende, gegen galvanische Reize empfindliche Muskeln durchaus keine saure Reaction zeigen, ja eher zur alkalischen Reaction hinneigen. Zunächst hat derselbe ermittelt, dass die saure Reaction des Muskelsaftes nur eintritt, nachdem bereits die Todtenstarre begonnen, wo also die Gerinnung des Syntonins eingetreten ist. Hiermit steht in Zusammenhang die bereits früher (S. 180 u. 315) erwähnte, von *Kühne* constatirte Thatsache, dass das aus frischen Froschmuskeln ausgepresste Syntonin erst nach seiner Gerinnung der umgebenden Flüssigkeit saure Reaction ertheilt. Hiernach schien es, als ob die saure Reaction an die Gerinnung des Syntonins gebunden sei und zwar um so mehr als *Du Bois* sich durch anderweite Versuche überzeugte, dass die freie Säure zunächst innerhalb der Sarkolemmacylinder auftrete (denn anfangs reagiren die Muskeln nur auf ihrem Querschnitte sauer, aber nicht auf dem Längsschnitte). Weitre Forschungen *Du Bois'* erweisen jedoch, dass auch ohne völlige Gerinnung des Syntonins jene freie Säure in den Muskeln auftreten könne. Es kann nämlich durch höhere Wärmegrade, durch concentrirte Lösungen

Reaction frischer Muskeln gegen Pflanzenfarben.

von Chlornatrium, schwefelsaurem oder salpetersaurem Kali so wie durch Alkohol das Syntonin in den lebenden, d. h. frischen, noch reizbaren Muskeln coagulirt werden, ohne dass saure Reaction eintritt; vielmehr behält der Muskel dann seine neutrale oder schwach alkalische Reaction bei. Dagegen scheint aber doch aus *Du Bois'* Forschungen hervorzugehen, dass, während das Auftreten freier Säure in den Muskeln völlig unabhängig vom Zutritte atmosphaerischer Luft ist, ohne Coagulation des Syntonins keine saure Reaction einzutreten vermag.

Indessen ist aus weitern von *Du Bois* ermittelten Thatsachen ersichtlich, dass gerade nicht diejenige Veränderung des Syntonins zur Bildung freier Säure nöthig ist, welche sich als Coagulation in den durch den Rigor mortis erstarrten Muskeln zu erkennen giebt; auch andre Umsetzungsweisen des Syntonins mögen zur Bildung jener Säure-Veranlassung geben. *Du Bois* hat nämlich, nachdem *Berzelius* schon vor längerer Zeit sich überzeugt zu haben glaubte, dass ein vermehrter Säuregehalt in den vorher stark angestrengten Muskeln gefunden werde, durch eine Reihe an Fröschen, Kaninchen und Hunden angestellter Versuche auf das bestimmteste dargethan: dass die Muskeln auch während des Lebens, d. h. während Ausübung ihrer physiologischen Functionen in Folge öfter wiederholter Contractionen saure Reaction erlangen; dabei wird eine Coagulation des Syntonins nicht nur nicht wahrgenommen, sondern dieselben Muskeln erlangen nach einiger Ruhe wieder ihre normale neutrale oder schwach alkalische Reaction. Selbst Muskeln, wie die des Herzens, welche während des Lebens in ununterbrochener Thätigkeit sind, werden nicht immer von saurer Reaction gefunden, jedoch scheint diese bei ihnen früher, als bei andern Muskeln, einzutreten.

Wir dürfen demnach als constatirt annehmen, dass die Muskeln während ihrer physiologischen Thätigkeit freie Säure entwickeln. Ob diese freie Säure identisch ist mit derjenigen, welche wir in dem aus nicht ganz frischem Fleische ausgepressten Safte vorfinden, muss vorläufig dahingestellt bleiben. *Berzelius* hatte die in diesem Safte vorhandene Säure für Milchsäure erklärt und *Liebig* zuerst durch die sorgfältigsten Forschungen diese Behauptung constatirt.

Man weiss, dass diese Säure mit der durch Gährung entstandenen nicht völlig identisch ist (s. S. 63). Dass ihre Menge im ausgepressten Fleischsafte ziemlich verschieden gefunden wird, ist bereits oben berührt worden. *Valenciennes* und *Frémy* leiten die saure Reaction des Muskelsaftes nur von dem Gehalte desselben an saurem phosphorsauren Kali ab; dem widersprechen schon *Du Bois'* Beobachtungen, der hervorhebt, dass nach *Eilh. Mitscherlich* von diesem Salze das Lakmuspapier nur vorübergehend geröthet würde, während der Muskelsaft eine permanente Röthung bedinge. Indessen muss doch zugegeben werden, dass zuweilen, wie z. B. so eben an einem frischen Rindsherzen beobachtet wird, die saure Reaction der Art ist, dass die Röthung des Lakmus-

papiers bald verbleicht. Dass sich in dem erstarrten Muskel wirklich freie Milchsäure und zwar in überschüssiger Menge vorfindet, das ist nach *Liebig's* Vorgange allseitig bestätigt: allein da die Milchsäurebildung nicht urplötzlich eintritt, so mag in einer gewissen Periode der Umwandlung des Muskels durch die eben gebildete Säure das phosphorsaure Kali zunächst nur in saures Salz verwandelt werden und daher jene vorübergehende saure Reaction zu erklären sein.

Respiration der Muskeln.

Dass die Muskelsubstanz, so lange sie noch lebt, d. h. auf galvanische Reize Contractilität zeigt, Sauerstoff absorbirt und Kohlensäure ausscheidet, ist zuerst von *G. v. Liebig* nachgewiesen worden. Später haben *Mateucci* so wie *Valentin* durch verschiedenartig ausgeführte Versuche dargethan, dass die Muskeln um so mehr Sauerstoff absorbiren und Kohlensäure aushauchen, je mehr sie zu Contractionen veranlasst worden waren.

Wärmeentwicklung thätiger Muskeln.

Dass in der Muskelsubstanz während der Contractionen Wärme frei werde, ist schon vor langer Zeit ermittelt, neuerdings aber durch die Versuche von *Ziemsen, Th. Buntzen* und *Helmholtz* selbst an Muskeln, denen der Blutzufluss abgeschnitten war, genauer nachgewiesen worden.

Veränderungen der Muskelsubstanz während ihrer Function.

Für weitere Forschungen, den die Lebensfunction der Muskeln begleitenden Chemismus betreffend, dürften folgende Thatsachen zu berücksichtigen sein. Die Muskeln zu Tode gehetzter Thiere, Muskeln, die vor dem Tode heftigen Convulsionen unterlagen, so wie solche, die durch elektrische Reize bis zur Ermüdung angestrengt wurden, pflegen weit schneller in Fäulniss überzugehen, als Muskeln, die vor dem Tode in Ruhe gewesen waren (*Du Bois*). Muskeln, die während des Lebens in Folge krankhafter Affection oder durch Strychnin in Tetanus versetzt worden waren, pflegen fast unmittelbar nach dem Tode in Todenstarre zu verfallen, d. h. also das Syntonin gerinnt sofort in ihnen (*A. G. Sommer, Brücke*). In durch Electricität ermüdeten Muskeln fand *Helmholtz* das Alkoholextract vermehrt, das Wasserextract vermindert im Vergleich zu Muskeln derselben Art, die in Ruhe verblieben waren.

Bestandtheile des Muskelsaftes: organische

Die bisherigen chemischen Untersuchungen haben sich auf denjenigen Saft beschränkt, welcher aus immerhin frischen, aber doch schon dem Rigor mortis unterlegenen Muskeln extrahirt wurde; es lässt sich daher zur Zeit noch nicht entscheiden, welche der Bestandtheile des untersuchten Saftes Producte der normalen Stoffmetamorphose in Folge der Thätigkeit dieser Organe und welche dagegen nur Producte der Umwandlung der Muskeln nach ihrem Absterben sind. Dieser Muskelsaft wird nämlich, möglichst frisch ausgepresst, gewöhnlich weisslich trüb oder opalisirend und von mehr oder minder stark saurer Reaction gefunden. Er enthält, wie hauptsächlich durch *Liebig's* Forschungen dargethan, neben freier Milchsäure Albumin (ungefähr 3%), Kreatin (0,065 bis 0,32%), Kreatinin, Inosinsäure, Hypoxanthin (*Strecker*) und mehrere flüchtige Säuren, wie Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure

Bestandtheile,

(*Scherer*). Die letztern scheinen sich indessen hauptsächlich erst in Folge einer weitern Zersetzung des Muskelsaftes zu bilden. *Scherer* wies ferner zuerst im Muskelfleische des Herzens von Säugethieren Inosit nach (s. S. 148), welcher in geringen Mengen sich auch in andern Muskeln derselben Thiere vorfindet; *Städeler* und *Frerichs* entdeckten dagegen in den Muskeln der Plagiostomen den dem Inosit sehr ähnlichen Scyllit (s. S. 150). In sehr geringen Mengen wurde auch Harnsäure in dem Muskelgewebe gefunden (*Liebig*, *Schlossberger*); dagegen ist Harnstoff unter normalen Verhältnissen nicht einmal spurweise in denselben zu erkennen; nur nach uraemischen Zuständen, wie in den Muskeln von Choleraleichen, wurden geringe Mengen dieses Stoffs vorgefunden (*v. Bibra*, *Buhl* und *Voit*); um so auffälliger ist es, dass *Frerichs* und *Städeler* in den Muskeln von Plagiostomen erhebliche Quantitäten von Harnstoff entdeckten, während sie in denen andrer Fische auch keine Spur davon aufzufinden vermochten.

Ob die Muskeln einen eigenthümlichen Farbstoff besitzen, ist noch nicht ganz entschieden, jedoch höchst wahrscheinlich.

Auch in der auf das sorgfältigste von Fettzellen befreiten oder scheinbar ganz magern Muskelsubstanz ist stets Fett enthalten; neben den gewöhnlichen neutralen Fetten findet sich darin Oelphosphorsäure (*Valenciennes* und *Frémy*). In der Muskelsubstanz menschlicher Herzen fand *Böttcher* 1,5 bis 1,9% Fett (8 bis 10% der trocknen Substanz).

An Leim, von Bindegewebe herrührend, lassen sich durch Kochen aus den Muskeln 2 bis 6% ausziehen.

Die Menge der löslichen Stoffe, die überhaupt aus den Muskeln extrahirt werden können, beträgt 6 bis 8%.

anorganische.

Rücksichtlich der anorganischen Bestandtheile des Muskelsaftes gilt ziemlich dasselbe, was oben von denen des Saftes organischer Muskeln bemerkt wurde; die Kalisalze und Phosphate sind darin bei weitem überwiegend über die Natronsalze und Chlormetalle; in ähnlicher Weise herrscht dem Kalkerdephosphat gegenüber das der Talkerde vor; Sulphate kommen nur spurweise vor und rühren wohl vom Blutgehalte des Saftes her (*Liebig*).

Der Gehalt des Muskeln an Syntonin ist sehr verschieden; die Muskeln älterer Thiere scheinen reicher daran zu sein, als die junger.

Wassergehalt.

Nach sorgfältigen Bestimmungen wurde der Wassergehalt der Muskeln beim Rinde zu 77,4% (*Berzelius*, *Schlossberger*, *Schütz*), beim Menschen 80% (*Schottin*) gefunden, im menschlichen Herzen 81 bis 82% (*Böttcher*). In den Muskeln an der Cholera Verstorbener fand man oft nur 69% (*Schottin*).

Foetale Muskeln.

In den embryonalen Muskeln verschiedener Thiere hat *Cl. Bernard* neuerdings Glykogen nachgewiesen, während er früher schon dessen Umwandlungsproduct, Zucker, in solchen Muskeln einige Zeit nach dem Tode der Embryonen hatte entstehen sehen. Es ist nach ihm in diffuser, körniger Form in den Sarkolemmacylindern enthalten (also

nicht in besondern Zellen eingeschlossen). Dasselbe wird während des ganzen Intrauterinlebens in den Muskeln angetroffen, verschwindet aber schon kurze Zeit (6 bis 24 St.) nach der Geburt.

Nervengewebe.

Von den Nervenfasern oder Nervenröhren giebt es zwei Arten, die jedoch die leisesten Uebergänge zu einander zeigen.

Cerebrospinale Fasern.

Die gröbern Nervenfasern (animale, cerebrospinale) bilden cylindrische Fäden von 0,004 bis 0,010''' Durchmesser; frisch (namentlich mit Eiweisslösung befeuchtet) untersucht erscheinen sie unter dem Mikroskop vollkommen homogen, durchsichtig, scharf contourirt; sind sie jedoch mit Wasser befeuchtet, so haben sie doppelte Contouren und gleichen breiten, dunkeln Bändern, in deren Mitte ein heller Streifen verläuft.

Hüllenmembran.

Die Hülle oder Begrenzungshaut der Nervenröhre ist nur bei Anwendung gewisser Reagentien zu erkennen; sie ist eine vollkommen structurlose, glashelle, etwas elastische Haut.

Nervenmark.

Der Inhalt der Röhre, das Nervenmark, welches in frischen Praeparaten vollkommen homogen erscheint, scheidet sich später, namentlich auf Zusatz von Wasser, in eine Corticalsubstanz und eine cylindrische Achsenfaser.

Corticalsubstanz.

Die äussere Schicht des Inhalts der Nervenröhre, die Cortical- oder Marksubstanz, wird in dem erwähnten Falle dunkler, etwas krümlig oder körnig, während in der Längsachse der Nervenröhre ein heller, ziemlich scharf contourirter Faden, die Achsenfaser oder Cylinderaxis, sichtbar wird. Durch das Krümligwerden des Nervenmarks wird die Nervenröhre ungleichmässig ausgedehnt und contrahirt, so dass sie die sog. varicöse Form annimmt.

Achsencylinder.

Sympathische Fasern.

Die feinern oder sympathischen Nervenfasern von 0,00212 bis 0,00300''' Durchmesser gleichen mehr soliden Cylindern; sie scheinen nur aus Achsencylinder und Hüllenmembran zu bestehen.

Neurolemm.

Die Bündel mehrerer Nervenfasern sind von einer fasrigen, stark glänzenden, weissen, dichten Haut umgeben, dem sog. Neurolemma, bestehend aus Bindegewebe mit vielen elastischen Fasern.

Ganglienkugeln.

Die Nervenzellen oder Ganglienkugeln, welche in den Nervencentren vorkommen, sind von sehr verschiedener Form und Grösse; der Durchmesser der grössten erreicht 0,05 bis 0,06''', der der kleinsten oft nur 0,002 bis 0,003'''; einige sind gross, fast sphaerisch oder oval; diese finden sich hauptsächlich in der grauen Substanz des Gehirns und Rückenmarks; ebendaselbst kommen auch spindelförmige, trapezoïdische, unregelmässig dreieckige mit mehrern sich oft noch verästelnden Ausläufern vor. Zellen mit einem oder zwei sehr blassen Ausläufern finden sich in den Ganglien des Sympathicus. Die Nervenzellen

bestehen aus einer Hüllenmembran, einem Kern mit Kernkörperchen und einem weichen, von Molecularkörnchen durchsetzten Inhalte.

Hüllenmembran. Die Hüllenmembran ist structurlos, äusserst dünn, kaum sichtbar an den Nervenzellen des Gehirns und Rückenmarks; dick dagegen, leicht unterscheidbar und elastisch in den Zellen der Ganglien.

Kerne. Die Kerne, von 0,0015 bis 0,008‴ Durchmesser sind meist sphaerisch oder oval, scharf contourirt, mit klarem, fettähnlichem Inhalte und einem oder zwei rundlichen oder länglich-ovalen, backschüsselförmigen Kernkörperchen von 0,0005 bis 0,003‴ Durchmesser.

Ausserdem ist die Nervenzelle von einer farblosen, halbflüssigen Masse erfüllt, in welcher feinere oder gröbere Körnchen suspendirt sind; oft ist die körnige Materie darin zu Haufen gruppirt.

Mikrochemische Reactionen. Alkohol. In mit Alkohol gekochten Nervenfasern grenzt sich die Nervenscheide schärfer ab, der Inhalt ist durchscheinender, von matt granulirtem Ansehn: der Achsencylinder tritt aus den Enden einzelner Fasern hervor. Gleichbehandelte Nervenzellen erscheinen nur etwas matter granulirt als im frischen Zustande.

Aether. Nach längerer Einwirkung von Aether auf Cerebrospinalnerven verschwinden deren doppelte Contouren, die Hülle wird sichtbarer, der körnige Inhalt blasser, hie und der Achsencylinder sichtbar. Auf die Nervenzellen hat Aether wenig Einwirkung.

Essigsäure. Werden Nervenfasern mit concentrirter Essigsäure erwärmt, so tritt hie und da die Hüllenmembran deutlicher hervor; zwischen den innern Contouren bleibt ein blassröthlicher, darmförmig gewundener Streifen; an den Enden der zerrissenen Fasern ragt der Achsencylinder häufig als sehr blasser Faden hervor. Lässt man Essigsäure zu einem mikroskopischen Praeparate treten, so verkürzen sich die Nervenröhren und aus den Schnittenden treten neben granulöser Markmasse die Achsencylinder hervor. In den sympathischen Fasern wird der Inhalt durch Essigsäure krümlig und zuweilen der Achsencylinder sichtbar.

Die Nervenzellen erhalten in verdünnter Essigsäure schärfere Contouren, der Zelleninhalt wird körniger, der Kern tritt deutlicher hervor. In concentrirter Essigsäure gehen die Nervenzellen allmälig ganz zu Grunde.

Concentrirte Mineralsäuren. In concentrirter Salzsäure werden die Nervenfasern der Länge nach verkürzt, dehnen sich aber im Querdurchmesser ausserordentlich aus; die Marksubstanz wird grobkörnig und dunkel; an den Schnittenden treten grobkörnige Massen aus, der Achsencylinder wird auf das deutlichste sichtbar. Aehnlich wirken concentrirte Salpetersäure und Schwefelsäure, nur werden die Achsencylinder durch die erstere gelblich gefärbt und durch die letztre die ganze Nervenfaser und umgebende Flüssigkeit violett.

Chromsäure. Chromsäure contrahirt die Nervenfasern im Querdurchmesser dermaassen, dass die Hüllenmembran an einzelnen Stellen platzt und grobkörniges Mark aus den Rissen hervortritt; dabei sind die Fasern

intensiv gelb gefärbt; manche werden durch Chromsäure so zerstört, dass nur der Achsencylinder neben der zerstreuten Markmasse auf das deutlichste sichtbar wird. Die Nervenzellen werden durch Chromsäure etwas contrahirt, sonst aber nicht sichtlich verändert.

Iodwasser. In Iodwasser werden die Nervenfasern blassgelb, ziemlich scharf begrenzt (die animalen verlieren ihre doppelten Contouren), die Scheide erkennbarer, das Nervenmark dunkler und feinkörnig; hie und da ragt ein blassgelblicher Achsencylinder aus der Nervenröhre hervor.

Quecksilbersalze. Quecksilberchloridlösung so wie das Gemeng von salpetersaurem und salpetrigsaurem Quecksilberoxydul machen die Nervenfaser hart und zäh; beim Zerzupfen so behandelter Nerven werden die Achsencylinder besonders sichtbar.

Kohlensaures Kali. In concentrirten Lösungen von kohlensaurem Kali quellen die Nervenröhren etwas auf, erscheinen aber wie darmförmig gewunden und gewulstet; die Marksubstanz wird durchscheinender; Achsencylinder und Scheide sind jedoch nicht erkennbar.

Natronlauge. In verdünnter Natronlauge contrahirt sich die Scheide der Nervenfasern, die doppelten Contouren verschwinden, das Nervenmark tritt aus den zerschnittnen Enden in Körnchen und dunkeln Kugeln hervor; zuweilen sieht man den Achsencylinder gallertartig aufquellen und dann dem Auge verschwinden. Vorher mit Alkohol oder Aether behandelte Nervenfasern werden in verdünnter Natronlauge erheblich contrahirt und ganz blass, so dass sie wie vom Inhalte entleerte Nervenscheiden erscheinen. Die Nervenzellen schwellen in Natronlauge etwas auf, die Hüllenmembran wird deutlicher; der Kern pflegt aber allmälig zu verschwinden.

Kalilauge. In concentrirter Kalilauge werden Nervenfasern wie Nervenzellen allmälig so zerstört, dass nur noch etwas granulöse Materie sichtbar bleibt.

Chemische Natur der morphotischen Elemente der Nervenfasern, Um die Scheiden der einzelnen Nervenfasern zur Anschauung zu bringen, setzt man Nervenpraeparate, nachdem sie mit Salpetersäure gekocht waren, mit verdünnter Kalilauge in Berührung; der vorher granulöse Inhalt tritt dann in blassen Tropfen aus der Scheide. Auch wenn man vorher mit Alkohol und Aether behandelte Nervenfasern der Einwirkung concentrirter Essigsäure aussetzt, erhält man vollkommen leere Nervenscheiden.

der Hüllenmembran, Rücksichtlich der chemischen Constitution der Hüllenmembran der Nervenfasern lässt sich aus den mikrochemischen Reactionen derselben Folgendes schliessen: da sie in Essigsäure nicht gallertartig anschwillt, beim Kochen und bei Behandlung mit verdünnten Alkalien sich nicht auflöst, so kann sie nicht aus Bindegewebsstoff bestehen. In concentrirter Essigsäure und Schwefelsäure, so wie in starker Natron- oder Kalilauge löst sie sich nach längerer Behandlung namentlich durch Erwärmen auf; demnach kann sie dem elastischen Gewebe nicht angehören; da sie aber in den genannten Menstruen verhältnissmässig

Chem. Constitution schwerlöslich ist und durch concentrirte Salpetersäure nicht deutlich gelb gefärbt wird, so kann sie auch keine Proteïnsubstanz sein, wiewohl sie der letztern noch näher als dem elastischen Gewebe steht.

des Achsencylinders, Der Achsencylinder besteht aus einer Proteïnsubstanz, welche dem Syntonin am nächsten steht, wie aus seinem Verhalten gegen Essigsäure, concentrirte Mineralsäuren und gegen Alkalien hervorgeht; vom Fibrin unterscheidet sich diese Substanz durch ihre Unlöslichkeit in verdünnter Salzsäure; den Substraten andrer Gewebe steht diese Materie noch ferner.

des Nervenmarks. Ueber die chemische Constitution des Nervenmarks ist man noch nicht völlig im Klaren; die wahrscheinlichste Meinung ist für jetzt die, dass es einen löslichen Proteïnstoff und durch leicht zersetzbare Seifen gelöste Fette enthalte; das Sichtbarwerden (sog. Gerinnen) des Marks, welches auf Zusatz von Wasser u. s. w. eintritt, dürfte weniger die Folge einer Coagulation der Proteïnsubstanz als vielmehr die der Trennung des Fetts von den sich zersetzenden Seifen und dem Proteïnkörper sein.

Chemische Natur der Bestandtheile der Nervenzellen. Noch weniger Bestimmtes lässt sich aus obigen Reactionen über die chemische Constitution der morphotischen Elemente der Nervenzellen erschliessen. Die Hüllenmembran ist in Essigsäure schwerlöslich und in kohlensaurem Kali unlöslich, steht also in dieser Hinsicht dem Syntonin nahe. Die Kerne der Nervenzellen verhalten sich wie die der meisten thierischen Zellen; wir wissen also auch über ihre chemische Natur nichts Näheres. Der granulirte Inhalt der Nervenzellen besteht jenen Reactionen zufolge aus einer theils gelösten, theils nur aufgequollenen Proteïnsubstanz und enthält weit weniger Fett als das Mark der Nervenfasern.

In Nerven- und Hirnsubstanz ist enthalten Nach den Grundlagen, welche die mikrochemischen Untersuchungen der Nerven geben, ist bis jetzt die Hirn- und Nervensubstanz noch nicht untersucht worden. Die gröbern Untersuchungen grösserer Nervenparthien und des Gehirns insbesondere haben Folgendes ergeben:

eine Proteïnsubstanz, Nach den meisten Analytikern findet sich in der Nervenmasse eine coagulirte Proteïnsubstanz; die obigen mikrochemischen Experimente lehren aber, dass die im Nervenmarke enthaltene eiweissartige Materie durchaus in löslichem Zustande befindlich sein muss; im Betreff des Achsencylinders, der ebenfalls eine proteïnartige Grundlage hat, ist es noch keineswegs entschieden, ob derselbe sich nicht erst in Folge chemischer Behandlung bilde durch das Gerinnen einer syntoninähnlichen Substanz; wenigstens muss die vollkommne Homogeneïtät des Marks frischer Nerven die Annahme eines praeformirten Achsencylinders immer noch zweifelhaft erscheinen lassen.

verschiedene Fette, Leider sind wir auch über die Fette der Nervensubstanz, soviel darüber auch schon experimentirt worden ist, noch keineswegs aufgeklärt. Man zählte gewöhnlich alles zu den Hirnfetten, was sich in heissem Aether und siedendem Alkohol auflöst; darunter sind aber eine

Reihe noch nicht hinlänglich charakterisirter Substanzen, welche theils offenbar zu den Fetten gehören, theils von den Fetten sehr abweichende Eigenschaften zeigen; soviel ist ausgemacht, dass aus dem Aetherextract der Gehirnsubstanz Elaïn, Oelsäure und Margarinsäure ausgeschieden werden können; ebenso findet sich constant Cholesterin, neben diesem aber noch zwei Substanzen, die besonders noch einer genauern chemischen Untersuchung bedürfen, nämlich das Cerebrin und Lecithin.

Bestandtheile des Nervengewebes: Cholesterin,

Das Cerebrin ist ein weisses, nur in heissem Alkohol und Aether lösliches Pulver, schmilzt erst über 100° und zersetzt sich dabei; es besteht aus ungefähr 66,8 % Kohlenstoff, 10,7% Wasserstoff, 2,9% Stickstoff, 19,6 % Sauerstoff (*Frémy, v. Bibra, W. Müller*). Unter dem Mikroskop erscheint das Cerebrin in jenen unregelmässigen wurst- und knollenförmigen Massen, wie sie Fig. 34 S. 131 angedeutet sind.

Cerebrin,

An organischen Materien enthält das Gehirn nach *W. Müller's* neuesten Untersuchungen neben den genannten Stoffen noch eine sehr geringe Menge Kreatin, einen leucinähnlichen Körper, erhebliche Mengen Milchsäure, ziemlich viel Inosit und flüchtige Säuren erster Gruppe (Essigsäure, Ameisensäure u. s. w.), aber kein Kreatinin, Glycin, Harnstoff oder Cystin.

Extractivstoffe.

Die Mineralstoffe des Gehirns bestehen aus Phosphorsäure, phosphorsaurem Kali, (um die Hälfte weniger) phosphorsaurem Natron und etwas Chlornatrium.

Mineralsubstanzen.

Die Asche der grauen Hirnsubstanz reagirt stark alkalisch, die der weissen stark sauer, die der erstern beträgt ungefähr 1 %, die der letztern 1,8 % (*Schlossberger*).

Die quantitativen Bestimmungen, welche man rücksichtlich der chemischen Constitution des Gehirns ausgeführt hat, beziehen sich hauptsächlich auf den Wassergehalt und den Gehalt an durch Aether extrahirbaren Materien. Die weisse Substanz des Gehirns ist erheblich ärmer an Wasser und reicher an Fett (= Aetherextract), als die graue Substanz. Rücksichtlich der einzelnen Hirnparthien steht überhaupt der Wassergehalt so ziemlich im umgekehrten Verhältnisse zum Fettgehalte. Die Rindensubstanz der grossen Hemisphaeren des Gehirns enthält 84 bis 88% Wasser und 4,8 bis 6,5% Fett und sehr wenig Cerebrinsäure, die weisse Substanz vom Corpus callosum dagegen 63 bis 70 % Wasser und 15 bis 21% Fett. Das meiste Fett und das wenigste Wasser wurde in der *Medulla oblongata* gefunden (*v. Bibra, Schlossberger*).

Quantitative Bestimmungen des Wasser- und Fettgehalts verschiedener Nervenparthien.

Das Gehirn Neugeborner enthält mehr Wasser als das Erwachsener, das von Greisen ist wieder wasserreicher als das der letzteren (*Schlossberger, v. Bibra*).

An Phosphor wurden im Aetherextracte 1,68 bis 2,53 % gefunden; einen constanten Unterschied im Gehalte des Gehirns an diesem Stoffe bei verschiedenen Thieren und den Menschen hat man nicht ge-

funden; bei Thieren schwankt der Phosphorgehalt übrigens zwischen 1,53 und 3,40% (*v. Bibra, Schlossberger*).

Reaction lebenderNerven gegen chemische Mittel.

Die Erforschung, der die Nerventhätigkeit begleitenden, chemischen Umwandlungen, welche die Nerven selbst erleiden, dürfte wohl zu den schwierigsten Gegenständen der physiologischen Chemie gehören. Wie bei den Muskeln müssen wir uns auch hier nur auf die Andeutungen beschränken, die wir aus jenen Versuchen erhalten, die die Erregung der Nerventhätigkeit durch chemische Mittel bezweckten (*Eckhardt*, besonders aber *W. Kühne*). Die motorischen Nerven werden zur Erregung von Zuckungen in den ihnen zugehörigen Muskeln disponirt durch verdünnte ätzende Alkalien (ganz wie die Muskelsubstanz selbst), dagegen durch Mineralsäuren und organische Säuren, Chloralkalien, Glycerin und gallensaure Alkalien nur bei weit grösserer Concentration ihrer Lösungen, als zur Reizung der Muskelfaser erforderlich ist (vergl. oben S. 316). Chromsäure, Kupfervitriol, neutrales und basisches essigsaures Bleioxyd, Kalkwasser und Aetzammoniak, die energisch auf die Muskelfaser wirken, sind ohne allen Einfluss auf die Nervenerregung, ebenso Oxalsäure, fette Oele und Terpenthin. Alkohol und Kreosot, die ohne Einwirkung auf die Muskeln sind, wirken heftig auf die Nerven. Bemerkenswerth ist endlich, dass das Curaregift (*Bernard, Kölliker*) so wie Coniin (*Wundt*) die Reaction der Nerven gegen elektrische so wie gegen chemische Reize vollkommen aufheben, während die Irritabilität der Muskelfaser dabei unverändert bleibt.

Exsudate.

Charakteristik der Exsudate.

Die Exsudate haben manche Aehnlichkeiten mit den Transsudaten und sind daher bis auf die neueste Zeit mit denselben in eine Classe geworfen worden, zumal da auch mannichfache Uebergänge von der einen Gruppe von Ausschwitzungen in die andre oft genug statt finden. Allein wissenschaftlich aufgefasst müssen die Exsudate durchaus von den Transsudaten getrennt und unterschieden werden. Durch ihre Genesis, die Art ihrer Ausscheidung aus dem Blute, ihre physikalischen Eigenschaften und ihren Gehalt an gewissen Bestandtheilen unterscheiden sie sich wesentlich von den Transsudaten.

Unterscheidung von Transsudaten.

Die Bildung von Transsudaten sahen wir (S. 237 f.) abhängig von einfachen physikalischen Gesetzen; ohne wahrhaften Stillstand der Blutsäulchen in den Capillaren durchdringen nur Bestandtheile der Blutflüssigkeit die Wände jener Gefässe theils ob vermehrter Penetrabilität derselben theils ob erhöhter Transsudabilität des Liquor sanguinis; die Exsudate dagegen entstehen nur in Folge wahrhafter Entzündung d. h. völliger Stasis des Bluts in den Capillaren, Veränderung von dessen physikalischen Eigenschaften und partieller Ruptur der Gefässe.

Deshalb müssen die Eigenschaften und Bestandtheile der Exsudate auch andere sein, als die der Transsudate.

In den Exsudaten finden wir immer sehr erhebliche Mengen Faserstoff, weit mehr Albumin als in den Transsudaten; unter den Salzen treten die Phosphate und Kaliumverbindungen mehr hervor; fast immer, in frischen Exsudaten constant, finden wir mehr oder weniger veränderte Blutkörperchen, die in wahren Transsudaten durchaus fehlen. Hauptsächlich unterscheiden sie sich aber von den letzteren durch die Fähigkeit oder Geneigtheit, sich zu metamorphosiren; während nämlich die Transsudate lange Zeit in den Höhlen, in die sie ergossen, verweilen, ohne selbst in ihrer Zusammensetzung wesentliche Veränderungen zu erleiden, zeichnen sich alle Exsudate ohne Ausnahme dadurch aus, dass morphotische Bildungen sich in ihnen entwickeln, eine gewisse Plasticität nie fehlt und dass sie fast fortwährend in morphotischer wie in chemischer Hinsicht Veränderungen erleiden. Gehen die gebildeten Exsudate auch nicht in wahrhaftes Gewebe oder in Zellen über, so findet man in ihnen doch stets einige Zeit nach ihrer Ausscheidung neben dem coagulirten Faserstoff morphotische Elemente, welche jene Disposition zu weiterer Formbildung andeuten.

Plasticität der Exsudate,

Diese grössere oder geringere Plasticität der Exsudate gegenüber der völligen Bildungslosigkeit der Transsudate weist darauf hin, dass in den nur in den Exsudaten vorkommenden Stoffen der Grund der Plasticität zu suchen ist. Solche Stoffe können unsern jetzigen Kenntnissen nach nur folgende sein: Fibrin, Phosphate und das Haematokrystallin der mit ins Exsudat übergegangenen Blutkörperchen.

unabhängig vom Fibringehalt;

Man nimmt gewöhnlich an, dass vom Fibringehalte die Bildungsfähigkeit der Exsudate wesentlich bedingt werde; allein da wir auch Transsudate, z. B. bei sog. acutem Hydrops kennen, in welchen bei Gegenwart nicht geringer Mengen Fibrins keine Formbildungen statt haben, so dürfte die Plasticität wenigstens nicht einzig und allein vom Fibringehalte abzuleiten sein. Es ist daher mehr als wahrscheinlich, dass die Bestandtheile der durch den Entzündungsprocess in den Capillaren oder ausserhalb derselben im Exsudate zerstörten Blutkörperchen die Bildungsfähigkeit der Ausschwitzung bedingen. Zunächst würde man dabei an den organischen Inhalt der Blutkörperchen, an das so wandelbare Haematokrystallin denken: allein da dasselbe in der plastischen blutkörperchenfreien Flüssigkeit frischer Schnittwunden gänzlich zu fehlen scheint, so ist eine solche Annahme wenigstens höchst bedenklich. Man hat daher besonders den Phosphaten die Fähigkeit zugeschrieben, ein Exsudat plastisch zu machen; dafür spricht nun auch die Erfahrung, dass überall, wo Zellen und Fasern sich bilden, selbst bei niedern Thieren, deren Organismus arm an solchen Salzen ist, sich Phosphate in nachweisbaren Mengen anhäufen, und andererseits die Thatsache, dass dass das Blut, welches von sehr lebensthätigen Organen z. B. den Muskeln, in welchen der Wiederersatz am thätigsten

wenigstens theilweise bedingt durch Phosphate.

ist, abfliesst, weit weniger Phosphate enthält, als jenes venöse Blut, welches aus den Capillaren weniger lebenskräftiger Organe hervorgeht. Endlich haben auch mehre sorgfältige Analysen gelehrt, dass selbst in den plastischen Wundsecreten, welche frei von Blutkörperchen sind, sich mehr Phosphate vorfinden als in dem Liquor sanguinis desselben Organismus. Es ist daher kaum mehr zu bezweifeln, dass die Phosphate zur Bildung von Zellen und Geweben nothwendig sind (wir finden ja in diesen stets auch Phosphate): allein dass durch sie die Plasticität eines Exsudats lediglich bedingt werde, ist dadurch noch keineswegs entschieden.

Umwandlungen der Exsudate.

Die chemischen Umwandlungen, von denen die verschiedenen sichtbaren morphotischen Veränderungen der Exsudate begleitet sind, hat man bis jetzt noch nicht genau verfolgen können; ja es fehlt fast ganz an Untersuchungen, durch welche wenigstens der chemische Thatbestand der Exsudate in ihren verschiedenen Entwicklungsstufen ermittelt wäre; nur von jener Umwandlungsform des Exsudats, die man Eiterung nennt, hat man zwar zahlreiche, aber nicht sonderlich genaue und durchaus ergebnissarme Untersuchungen. Wir müssen daher alle andern Exsudatformen in chemischer Hinsicht als ein völlig unbekanntes Land betrachten. Das thatsächlich Feststehende rücksichtlich der Constitution des Eiters beschränkt sich auf Folgendes:

Eiter.

Das eitrige Exsudat bildet eine meist gelbliche, dicke Flüssigkeit, die sich durch einen bedeutenden Gehalt an ziemlich gleichmässig in ihr vertheilten Körperchen vor andern Exsudaten auszeichnet. Der Eiter besteht also gleich dem Blute aus Körperchen und Intercellularflüssigkeit oder Serum.

Eiterkörperchen oder cytoïde Körperchen.

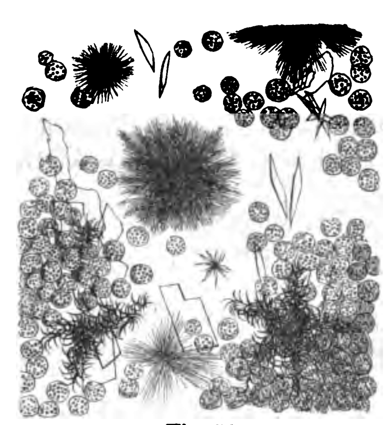
Diese Körperchen, meist von 0,004 bis 0,005‴ Durchmesser, bestehen aus einer oft granulirt oder gefaltet erscheinenden Hüllenmembran, einem zähflüssigen, hyalinen Inhalte und einer der Hüllenmembran anhaftenden, also excentrisch lagernden Kernsubstanz. Da in der Lymphe, im Blute, im Schleim der Schleimhäute ganz ähnlich constituirte Elemente vorkommen, so hat *Henle* vorgeschlagen, die sog. Lymphkörperchen, farblosen Blutkörperchen, Schleim- und Eiterkörperchen unter der gemeinschaftlichen Bezeichnung cytoïde Körperchen d. h. zellenähnliche Molecüle zusammenzufassen.

Unmöglichkeit der Trennung der Körperchen vom Serum des Eiters.

Weniger noch als beim Blute die rothen Blutkörperchen gelingt es diese Körperchen getrennt von der Intercellularflüssigkeit zu untersuchen; wir kennen noch kein mechanisches Mittel, um die Körperchen vom Eiterserum abzuscheiden; denn auch durch Zusatz von Salzen werden die Körperchen nicht filtrirbar; gleich den Blutkörperchen besitzen sie zwar auch ein Senkungsvermögen, allein dieses ist so gering, dass der Eiter, ehe nur eine geringe Senkung stattgefunden und klares Serum an der Oberfläche sich gebildet hat, in der Regel schon einer Zersetzung unterlegen ist.

Der Eiter unterliegt nämlich bei Zutritt der Luft sehr bald mancherlei Umwandlungen; er kann in saure Gährung und in alkalische oder Fäulniss übergehen. Die saure Gährung des Eiters tritt namentlich bei mittlerer Temperatur in wohlverkorkten Gefässen ein; er verliert bald seine normal alkalische Reaction und wird endlich sauer; es bilden sich flüchtige und nichtflüchtige Fettsäuren; Buttersäure ist chemisch nachweisbar; die aus dem vorher neutralen Fett gebildete Margarinsäure durch das Mikroskop sehr leicht zu erkennen (s. Fig. 51). Die Einwirkung der Säuren auf die Körperchen ist der Grund, weshalb in letztern die vorher gar nicht oder undeutlich wahrnehmbaren Kerne sichtlicher hervortreten.

Zersetzungsformen: Saure Gährung,


Fig. 51.

Morphotische Bestandtheile sauren Eiters.

Das entsprechende Object war einem alten Abscesse am Oberschenkel entlehnt. Die rundlichen Bildungen sind die sog. Eiterkörperchen, an welchen in diesem Falle trotz der sauren Reaction keine Kerne wahrzunehmen waren. Die Körperchen waren etwas aufgebläht, dabei aber scharf contourirt. Die aus feinen, zum Theil etwas gewundenen, von einem Centrum ausgehenden Nadeln bestehenden Gruppen erklärt man gewöhnlich für unverseiftes Margarin; die im untern Teil der Figur befindlichen Aggregate dickerer stark gewundener Nadeln dagegen für freie Margarinsäure, d. h. also Gemenge von Palmitinsäure und Stearinsäure, während die schwertblattförmigen Massen für Stearinsäure gehalten werden. Cholesterintafeln sind in solchen Präparaten stets auch zu erkennen.

Alkalische Gährung.

Unreiner Eiter d. h. schleim- oder bluthaltiger oder von Geschwüren abgesonderter sog. schlechter Eiter geht bald in die alkalische Gährung über, ohne vorher der sauren unterlegen zu haben; er beginnt nach Ammoniak und Schwefelammonium zu riechen, die Eiterkörperchen werden verzerrt oder zerfliessen zu einer gallertartigen Masse, Kerne sind weder isolirt noch in den Körperchen wahrzunehmen, man erkennt endlich nur Molecularkörnchen und Vibrionen.

Die Körperchen sind endosmotischen Strömungen sehr zugänglich.

Gleich den Blutkörperchen sind die cytoïden Körperchen endosmotischen Strömungen ausserordentlich zugänglich; ihre diametrale Grösse hängt daher zum grossen Theil mit von dem specifischen Gewichte der Intercellularflüssigkeit ab; daher sind sie im Speichel grösser als im Eiter, im Blute dagegen kleiner.

Da die Intercellularflüssigkeit zweifelsohne in bestimmtem Bezuge zur Intercellularflüssigkeit des Bluts steht, so werden dadurch auch in Krankheiten, wo die Blutmischung alterirt ist, die Verschiedenheiten

Mikro-chemische Reactionen: Wasser.

in der Grösse der Eiterkörperchen gleichzeitig abgesonderten Eiters erklärt. Denn verdünnt man Eiter mit destillirtem Wasser, so sieht man die Körperchen stark aufquellen, die granulöse oder faltige Beschaffenheit der Hüllenmembran schwindet, die Kernbildung tritt deutlicher hervor; einzelne Körperchen saugen soviel Wasser auf, dass sie platzen.

Verdünnte Mineralsäuren und organische Säuren.

Aehnlich wie Wasser wirken höchst verdünnte Mineralsäuren oder mässig verdünnte Lösungen organischer Säuren; sie bedingen einen Strom aus der Intercellularflüssigkeit ins Körperchen. Man macht daher durch diese Mittel die Kernmaterie am kenntlichsten; der ursprünglich einfache, linsenförmige oder backschüsselförmig vertiefte Kern spaltet sich oft in Folge angewendeter Säure zu zwei, drei und mehr Bläschen, in denen oft noch ein oder zwei Körnchen (Kernkörperchen?) zu erkennen sind.

Alkalisalze.

Lösungen neutraler Alkalisalze machen die Eiterkörperchen durch Wasserentziehung zusammenschrumpfen; sie verlieren daher ihre scharfen Contouren und werden zu kleinen, körnigen, zackigen Klümpchen.

Aetzende Alkalien.

Aetzende Alkalien wirken schnell zerstörend auf die Körperchen ein; in der Flüssigkeit sind endlich nur lichtere und dunklere Pünktchen erkennbar.

Galle.

Durch Galle, so wie durch Lösungen reinen glykochol- und taurocholsauren Natrons werden die Eiterkörperchen vollständig zerstört (*v. Dusch*).

Andere Reagentien.

Aus weiteren mikrochemischen Reactionen, welche verschiedene chemische Stoffe an den Bestandtheilen der Eiterkörperchen hervorbringen, ist über die chemische Constitution derselben wenig zu schliessen; Hüllenmembran, Kernsubstanz und zähflüssiger Inhalt geben mit Salpetersäure und salpetrigsaurem und salpetersaurem Quecksilberoxydul Reactionen, die, soweit sie wegen des gleichzeitig aus dem Eiterserum ausgeschiedenen Albumins erkennbar sind, den Proteïnsubstanzen entsprechen. Die lichteren und dunkleren Körnchen, welche nach Behandlung des Eiters mit ätzenden Alkalien noch sichtbar sind, bestehen aus Fett.

Zufällige morphotische Bestandtheile des Eiters.

Als zufällige morphotische Bestandtheile finden sich im Eiter häufig Fetttröpfchen, Blutkörperchen, Epithelien, sog. Exsudatzellen, Bindegewebsstücke u. s. w.

Eiterserum.

Das Eiterserum ist vollkommen klar, farblos oder schwach gelblich gefärbt, von schwach alkalischer Reaction, gerinnt beim Erhitzen zu einer dichten weissen Masse. Der Hauptbestandtheil des Eiterserums ist *Albumin*, welches sich gewöhnlich zu 1,2 bis 3,7 % darin vorfindet. *Schleimstoff*, *Caseïn*, *Pyin*, *Leucin* sind anomale Bestandtheile des Eiters.

Albumin. Schleimstoff, Caseïn, Pyin, Leucin.

Chloridinsäure.

Eine neue Substanz, Chloridinsäure, fand *Bödeker* im Eiter bei

Phosphornekrose, in dem von einem sog. Congestionsabscesse und im Krebssafte.

Andere Bestandtheile des Eiters gehören wahrscheinlich ebenso sehr dem Serum als den Körperchen an, wenigstens lässt sich darüber nichts entscheiden. Hieher gehört zunächst das Fett, von dem sicher ein grosser Theil den Körperchen zukommt; das aus dem Rückstande des Eiters extrahirte Fett besteht nicht bloss aus Elaïn und Margarin, sondern enthält auch Oelsäure und Margarinsäure und Cholesterin, letzteres oft bis zu 1 % des flüssigen Eiters. Ueberhaupt aber schwankt der Fettgehalt des Eiters zwischen 2 und 6 %.

Fett.

An festen Bestandtheilen enthält normaler Eiter 14 bis 16 %. Der feste Rückstand des Eiters enthält aber 5 bis 6 % Mineralstoffe; die unlöslichen Salze verhalten sich darin zu den löslichen = 1 : 7 bis 1 : 9.

Feste Bestandtheile.

In sogenanntem schlechten Eiter pflegt die Zahl der Körperchen abzunehmen; daher solcher Eiter weniger feste Bestandtheile, unter diesen aber relativ mehr Salze und zwar lösliche, enthält.

In dem unlöslichen Theil der Mineralstoffe ist neben phosphorsaurer Kalk- und Talkerde immer etwas schwefelsaurer Kalk und Eisenoxyd nachzuweisen.

Mineralstoffe.

Da der Eiter hauptsächlich reicher an löslichen Salzen ist, als das Blutserum, so ist auch der Chlornatriumgehalt des Eiters bei weitem grösser als der des Blutserums; durchschnittlich enthält der Eiter dreimal mehr Chlornatrium als das entsprechende Blutserum. Die Menge der in der Asche enthaltenen löslichen Phosphate schwankt zwischen 3 und 10 %.

Chlornatrium.

Phosphate.

Abnormer Weise können im Eiter Gallenpigment, harzige Gallensäuren, Harnstoff und Zucker auftreten.

Abnorme Bestandtheile.



ZOOCHEMISCHE PROCESSE.

Kräfte und Gesetze organischer Bewegungen.

Wir verstehen unter Process gewöhnlich eine gewisse Summe zusammengehöriger Erscheinungen, welche in einer bestimmten Zeitfolge ihren Ablauf nehmen und endlich zu einer Art von Stillstand führen, den wir als Ergebniss oder Ziel der vorgängigen Bewegung betrachten. Mit unsern Sinnen nehmen wir nicht die Bewegung als solche wahr, sondern wir betrachten nur in verschiedenen Zeitpunkten die Stadien der Veränderungen, die an der Materie sichtbar sind.

Begriffsbestimmung des Worts: Process.

Um daher einen Process, eine physikalische oder chemische Bewegung, zu begreifen, müssen wir die Aufeinanderfolge der Erscheinungen in einen idealen Zusammenhang bringen, müssen wir die ursächliche Abhängigkeit einer Erscheinung von der andern zu ermitteln suchen; wir erklären uns daher einen Process, wenn wir den ursächlichen Zusammenhang der einzelnen Erscheinungen der Bewegung uns verdeutlichen und den Gesammterfolg derselben auf eine allgemeinere bewegende Ursache zurückführen. Diese bewegende Ursache ist gewöhnlich ein allgemeinerer Gesichtspunkt, von dem aus wir verschiedene Reihen von Bewegungen überschauen können, deren Verschiedenheit nur durch die Differenz der Massen, an denen wir die Bewegung erkennen, oder durch die der Angriffspunkte auf die Massen bedingt wird. Jene allgemeinen Ursachen sind es, die man gewöhnlich Kräfte nennt und für die man einen kurzen Ausdruck in bestimmten Gesetzen gefunden hat.

Wissenschaftliche Erklärung der Processe.

Kräfte und Gesetze.

Man zweifelte früher durchaus nicht daran, dass im thierischen Organismus bei den Lebensbewegungen ausser den bekannten Gesetzen der Physik und Chemie noch ein organisches Gesetz oder vielmehr eine unter ein Gesetz nicht beugsame Kraft, eine Lebenskraft, thätig sei. Schon die Massentheilchen, an denen die Lebensprocesse ihren Ablauf nehmen, d. h. die organischen Materien, sah man als wesentlich ver-

Lebenskraft.

schieden von andern chemischen Körpern an und stellte sie grossentheils ausser das Gesetz der Affinität, indem man ihre Entstehung und ihren Zusammenhalt nur einer eigenthümlichen organischen Kraft zuschreiben zu dürfen glaubte. Es ist aber durch die sorgfältigsten chemischen Untersuchungen erwiesen, dass die organischen Körper nach denselben Gesetzen constituirt sind und in ihren Umwandlungen denselben Gesetzen folgen, welche in der anorganischen Chemie ihre Geltung haben. Alle Unterschiede, die man zwischen organischen und anorganischen Körpern aufgestellt hat, sind zufällig, relativ, unwesentlich. Die Constitution der organischen Körper entspricht nur den Functionen, zu denen sie im lebenden Organismus bestimmt sind. Die Qualität der Massentheilchen, welche im Thierkörper den dort thätigen Kräften als Angriffspunkte dienen, entspricht stets den Functionen, die zur Erreichung der Zwecke des Lebens erforderlich sind. Für diesen Satz lieferte uns die Zoochemie, die Lehre von den thierischen Säften und Geweben die evidentesten Beweise.

Nur physikalische Kräfte sind im Organismus thätig.

Ursachen der Verschiedenheit rein physikalischer und organischer Erscheinungen.

Es versteht sich übrigens von selbst, dass der Erfolg der Einwirkung physikalischer Kräfte auf die von den anorganischen Körpern zwar verschieden gebildeten, aber nach denselben Principien wie jene erzeugten, viel wandelbarern Massentheilchen ein anderer sein muss als der, welcher aus der Action derselben Kräfte auf die einfachern Mineralstoffe hervorgeht. Wir werden also nothwendiger Weise im thierischen Organismus auf eine Anzahl Erscheinungen stossen müssen, die ausserhalb desselben nicht vorkommen, da die Substrate des thierischen Körpers den physikalischen Kräften ganz andere Angriffspunkte bieten. Bei einer näheren Untersuchung der Lebenserscheinungen von diesem Gesichtspunkte aus finden wir, dass sehr viele derselben in dem einfachsten Abhängigkeitsverhältnisse stehen zu anderweit bekannten physikalischen Gesetzen, und dass meistens nur die verschiedene Anordnungsweise der einzelnen Elemente der Bewegung und die Verwicklung mehrfacher Bedingungen es ist, was den Lebensphaenomenen ein oft so specifisches Gepräge aufdrückt.

Die Mangelhaftigkeit unserer physikalischen Kenntnisse lässt uns noch nicht überall das physikalische Gesetz erkennen.

Sehr oft sind wir freilich noch nicht im Stande, einzelne Lebensprocesse in ihrem physikalischen Causalitätsverhältnisse aufzufassen; allein diess ist kein Grund, sogleich zu einer specifischen Lebenskraft seine Zuflucht zu nehmen; denn soweit auch bereits Physik und Chemie fortgeschritten sind, so sind doch gerade die Molecularkräfte selbst und ihre mannichfache Verkettung je nach den verschiedenen Umständen und Massenverhältnissen noch nicht einmal soweit erforscht, dass selbst in der leblosen Welt alle von ihnen abhängigen Erscheinungen erklärt d. h. in ihrer ursächlichen Verknüpfung erkannt zu werden vermöchten.

Der Beweis für die Annahme einer Lebenskraft ist durch

Es ist nun aber eine der leitenden Maximen der Naturforschung, dass wir nicht eher eine neue Kraft, eine allgemeinere specifische Ursache statuiren dürfen, als bis wir aus der betreffenden Gruppe von Er-

scheinungen alle andern möglicherweise einwirkenden Kräfte eliminirt haben. Ein Beweis für die Existenz einer rein vitalen Kraft wäre also nur durch Ausschliessung alles Physikalischen zu gewinnen. Dieser Beweis ist aber noch nicht zu führen, weil uns eben noch nicht alles Physikalische durchsichtig ist.

Ausschliessung alles Physikalischen nicht zu führen.

Wir dürfen aber andererseits um so weniger eine Lebenskraft zur Erklärung thierischer Processe zu Hülfe nehmen, als der Begriff einer solchen Kraft nichts weniger als logisch begründet ist. Kraft ist nur der kurze Ausdruck für ein Gesetz, von dem aus der ursächliche Zusammenhang gewisser Erscheinungen abgeleitet werden soll; der Lebenskraft aber, so wie sie gewöhnlich aufgefasst worden ist, steht kein Gesetz zur Seite; im Gegentheil wird sie gewöhnlich als alle Gesetze überschreitend dargestellt; man fasst sie nur als einen nach Zwecken wirkenden Geist auf, nicht aber als nothwendige Bedingung einer Anzahl von Folgeerscheinungen. Die Lebenskraft liegt also ganz ausserhalb der Sphaere der Naturforschung; denn diese hat sich zunächst nur mit dem ursächlichen Zusammenhange der Erscheinungen zu beschäftigen, während die Ermittlung der Zweckmässigkeit einer rein speculativen Disciplin, der Metaphysik, angehört.

Der Lebenskraft steht kein bestimmtes Gesetz zur Seite.

Man hat gewöhnlich die Annahme einer Lebenskraft als eine unabweisliche Nothwendigkeit darzustellen gesucht. Zunächst hat man dafür die allerdings bewundernswerthe Zweckmässigkeit der meisten vitalen Processe angeführt: allein abgesehen davon, dass, wie wir eben gesehen, eine nur nach Zwecken wirkende Kraft ein physikalisches Unding ist, so hätte man erwägen sollen, dass auch in der sog. todten Natur die nur nach physikalischen Gesetzen erfolgenden Erscheinungen ebenfalls eine hohe Zweckmässigkeit verrathen, und dass andererseits die Lebenskraft häufig genug sehr unzweckmässig wirkt. So ist es z. B. eine sehr weisse Einrichtung der Natur, dass das Eis im Winter auf Strömen und Seen nicht untersinkt, da sonst diese sehr bald ganz zu Eis erstarren und Wassermangel eintreten würde; diess ist aber nicht die Wirkung einer weisen Lebenskraft der Erde, sondern nur die Folge des geringern specifischen Gewichts des Eises und seiner schlechten Wärmeleitungsfähigkeit. Dass übrigens die vermeintliche Lebenskraft oft sehr unzweckmässig wirke, lässt sich fast in jedem Krankheitsfalle beobachten.

Die Zweckmässigkeit der Lebenserscheinungen ist kein Beweis für die Existenz einer Lebenskraft.

Einen zweiten Beweis für die nothwendige Existenz einer Lebenskraft hat man immer in der morphotischen Entwicklung thierischer wie pflanzlicher Gewebe und Organe zu finden geglaubt. Man hat es für unmöglich gehalten, dass die organischen, mathematischer Behandlung unzugänglichen Formen die Resultate physikalischer Gesetze sein könnten. Allein ist nicht z. B. Wärme das Primum movens, welches das Thierei zur Entwicklung disponirt? Im thierischen Ei sind die Bedingungen gegeben, unter denen die physikalische Kraft der Wärme, der auf verschiedene Stoffe so verschieden einwirkenden Wärme, jene che-

Die morphotische Entwicklung thierischer Organismen kann ebenfalls keinen Beweis abgeben.

mischen Umwandlungen hervorruft, aus denen die morphotischen hervorgehen. Wer hätte denn z. B. in dem sauren chromsauren Ammoniak die Bedingungen gesucht, vermöge deren die selbst nur auf einen Theil desselben wirkende Wärme dem sich erzeugenden Chromoxyd ein so grosses Volumen und so merkwürdige, den Theeblättern ähnliche Formen ertheilt? Und sind etwa die so entstandenen Formen dem mathematischen Calcul zugänglich?

Die längere Dauer, die organische Processe zu ihrem Ablauf brauchen, bildet keinen wesentlichen Unterschied von rein chemischen Processen.

Als einen besondern Beweiss für die Wirkung einer Lebenskraft sah man auch die längere Dauer der organischen Bewegungen an, indem man die von rein chemischen Kräften abhängigen Processe nur an eine unmessbar kurze Zeit gebunden glaubte. Allein wir kennen jetzt in der Chemie selbst einfache Processe genug, die einer längern Dauer bedürfen; wir brauchen kaum an die Zersetzung der zusammengesetzten Aetherarten, der gepaarten Verbindungen u. s. w. zu erinnern.

Die Lebenskraft kann kein Erklärungsmittel bei wissenschaftlichen Forschungen abgeben.

Doch diese wenigen Andeutungen mögen genügen, um darzuthun, dass es in der physiologischen Chemie eben so unpraktisch als unwissenschaftlich sein würde, sich zur Erklärung der animal-chemischen Processe einer sog. Lebenskraft zu bedienen, und die ursächliche Aufeinanderfolge der Erscheinungen auf eine solche alle Schranken der Gesetzlichkeit überspringende Kraft zurückzuführen. Auch in der physiologischen Chemie darf E r k l ä r e n nichts anderes bedeuten, als das Zurückführen auf feststehende physikalische Gesetze. Sobald die physiologische Chemie eine Lebenskraft zulässt, giebt sie das Streben auf, dereinst einmal den exacten Wissenschaften beigezählt zu werden. Wenn irgendwo so sind im lebenden Körper die Naturerscheinungen sehr complicirter Art; das Erkennen der Naturgesetze ist daher hier auch schwieriger, als in irgend einem Theile der Naturforschung; der einzige feste Ankergrund, der uns bleibt, ist oft nur der, dass auch hier die Gesetze der molecularen Bewegungen ebenso unerschütterlich fest stehen, wie die der Gravitation an den Himmelskörpern. Selbst wer nach subjectiven Gefühlen sich irgendwelches Bild von einer Lebenskraft ausmalt, muss sich bewusst sein, dass auch im thierischen Organismuss die Naturgesetze noch dieselbe Geltung wie ausserhalb des Organismus haben, und dass ein Erforschen, ein Erklären der thierischen Erscheinungen, unmöglich ist ohne Anwendung physikalischer Gesetze.

Wesentliche Factoren des thierischen Stoffwechsels und die durch ihre gegenseitige Einwirkung bedingten Processe.

Wir haben zwar schon früher bei der Betrachtung der einzelnen Factoren des thierischen Stoffwechsels stets auf den Einfluss hingewiesen, den sie auf diesen oder jenen animalchemischen Process ausüben: allein dort haben wir nur die Grundlagen gesammelt, um eine allgemeinere Uebersicht über die Processe selbst und den Causalnexus der Erscheinungen zu gewinnen. Eine solche allgemeine Uebersicht lässt sich nur unmittelbar an die Zoochemie, an die Lehre von den chemischen Substraten des Thierkörpers anknüpfen, indem wir die eigentlichen, w e s e n t l i c h e n V e r m i t t l e r d e s t h i e r i s c h e n S t o f f w e c h s e l s ins Auge fassen und die Umwandlungen verfolgen, welche sie

während ihrer Function im lebenden Körper erleiden. Wir würden also hier alle diejenigen Processe zusammenfassen müssen, in welche die einzelnen chemischen Factoren thätig eingreifen und wobei sie selbst mannichfachen Veränderungen unterliegen und ihrem Untergange oder ihrer Abscheidung an die Aussenwelt entgegeneilen. Zur Erklärung dieser Processe bedarf es aber hauptsächlich zweier Momente, nämlich einer genauen Kenntniss der chemischen Constitution und Qualität jener Substrate und andererseits einer vertrauten Bekanntschaft mit allen Gesetzen moleculärer Stoffbewegungen. Leider können wir uns weder der einen noch der andern bis heute schmeicheln. Denn wie unzureichend, wie unvollkommen unsere chemischen Kenntnisse der Substrate sind, haben wir gerade an den wichtigsten derselben, an den Proteïnkörpern, kennen gelernt. Gerade aber die noch immerhin höchst mangelhafte Kenntniss der Gesetze molecularer Stoffbewegungen raubt uns geradezu die Mittel zur Erklärung; eine Verknüpfung mit physikalisch constatirten Sätzen ist deshalb oft noch unmöglich.

Allgemeinere Vorgänge des vegetativen Lebens.

In zweiter Linie können wir Reihen von Processen an einander knüpfen, die eine Uebersicht über gewisse allgemeinere Vorgänge des thierischen Lebens bedingen; dieser Theil unserer physiologischen Betrachtungen wird mehr in der Lehre von den thierischen Säften seine Stütze finden; so werden wir zuerst alle die Processe in ihren einzelnen Stadien zu verfolgen und causal zu deuten haben, welche auf die Verdauung und Resorption der aufgenommenen Nahrungsmittel Bezug haben. Die Wechselwirkungen zwischen Verdauungsmitteln und Verdauungsobjecten so wie die physikalischen Bedingungen, welche den Uebergang des Verdauten in die allgemeine Säftemasse vermitteln, werden hier in Frage gestellt werden müssen.

Nachdem der Verdauungsprocess dem Organismus das Material geliefert hat, dessen er zur Vollführung der verschiedenen Lebensprocesse bedarf, ist es besonders ein Process, ohne welchen die Resultate der Verdauung d. h. Chylus und Blut nicht weiter verwerthet zu werden vermöchten, und der so tiefeingreifend in das ganze thierische Leben ist, dass schon ein kurzer Stillstand jenes Processes diesem den Untergang bringt; diess ist der Respirationsprocess. Ohne diesen gehörig erforscht zu haben, sind die Processe der Ernährung, der Bildung von Geweben, der Secretion und Excretion unbegreiflich. Wir fassen daher zum Schlusse alle die Processe zusammen, welche neben der Verdauung und Respiration das Bestehen des Lebens bedingen.

Allgemeiner Stoffwechsel.

Wenn wir auf die Beschaffenheit jener Stoffe zurückblicken, deren sich die Natur bedient, um die verschiedensten Wirkungen im lebenden Organismus zu erzielen und die mannichfachsten Zwecke zu erfüllen, so tritt uns hier, wie überall in der Natur, jene bewundernswerthe Einfachheit der Mittel und der Kräfte entgegen, durch welche die Welt der Erscheinungen in oft so unbegreiflichem Wechsel regiert wird. Sind es doch eigentlich nur vier Gruppen von Stoffen, an denen alle Lebenserscheinungen ihren Ablauf nehmen: die Proteïnkörper und ihre Abkömmlinge, die Fette, die sog. Kohlenhydrate und die anorganischen Salze.

Innige Beziehungen der wesentlichen Factoren des Stoffwechsels zu einander.

Welche Aehnlichkeiten, welche Uebereinstimmung in den verschiedensten Beziehungen bieten aber nicht die Glieder jeder einzelnen Gruppe unter sich dar! Aber nicht allein die grosse Analogie der einzelnen Glieder jeder Gruppe und ihre leichte Umwandlung in einander ist es, was diese Anordnung der organischen Molecüle so bewundernswerth und zum Dienste des Lebens so tauglich macht, sondern auch die eigenthümlichen Beziehungen, in denen die Glieder verschiedener Gruppen zu einander stehen. Manche Thatsachen sprechen dafür, dass die Proteïnkörper im thierischen Organismus in Zucker sowohl als in Fett neben andern Producten zerfallen können, und wiederum andre dafür, dass aus Kohlenhydraten Fette hervorgehen können. Möglich, dass diese drei Gruppen der wesentlichsten thierischen Substrate in einem ähnlichen typischen Verhältnisse zu einander stehen, wie die einfachern organischen Säuren, die Halidbasen und die Ammoniakbasen unter einander.

Geringer Grad des Kraftaufwands zur Erregung vitaler Bewegungen.

Kennen wir auch noch bei weitem nicht alle moleculären Kräfte, welche bei den Umwandlungen dieser Körper zum Zwecke der Lebenserscheinungen in Anwendung kommen, so vermögen wir doch aus der Constitution, aus der Homologie dieser Körper und aus den nahen Beziehungen, in denen selbst die verschiednen Gruppen zu einander stehen, den Schluss zu ziehen, dass der Kraftaufwand, den diese Bewegungen erfordern, immerhin nur ein geringer sein wird. Wie ver-

schiedenartig greifen die sonst fast identisch erscheinenden Proteïnkörper in das Getriebe des Organismus ein! Zu wieviel verschiedenen Zwecken werden nicht die homologsten Stoffe des Thierkörpers, die Fette, im Organismus verwendet! Die Kohlenhydrate, die einer oberflächlichen Betrachtung nach im Thierkörper nur ihrem Untergange entgegenzueilen scheinen, unterliegen den mannichfachsten Umsetzungen und Spaltungen, um von dieser oder jener Richtung aus in das scheinbare Gewühl der Lebenserscheinungen zweckmässig einzugreifen. Kali und Natron endlich, Materien, die der Chemiker Mühe hat auseinanderzuhalten und die sonst oft für einander zu vicariiren scheinen, werden im Leben benutzt, um die schärfsten Gegensätze zu bedingen, während die flüchtigste, schwächste der Säuren, die Kohlensäure, im Organismus unter Umständen denselben Dienst verrichten muss, wie die starke und starre Phosphorsäure. Das phosphorsaure Natron tritt in einem Augenblick als starke Basis auf, während es im andern mit Hülfe der Kohlensäure die Stelle einer Säure versieht. Wir müssen die Kleinheit des Kraftaufwands bewundern, dessen die Natur sich bedient, um die wenigen Substrate zu den verschiedensten Zwecken des Lebens zu verwerthen.

Proteïnkörper.

Der oberflächlichste Blick auf das Vorkommen des Albumins lehrt uns, dass dieses einer der wichtigsten Stoffe des Thierkörpers sein müsse; wir fanden es in grösster Menge im Blute und in allen thierischen Säften, die zunächst zur Ernährung der Organe bestimmt sind; eine nähere Untersuchung vieler thierischer Gewebe zeigte, dass das Albumin nur geringer Modificationen bedarf, um unter verschiedenen Gestalten sich zu consolidiren und bald unter der Form von Globulin die Krystalllinsenflüssigkeit zu bilden, bald unter der von Syntonin jene festen contractilen Theile zu erzeugen, durch welche willkürliche und unwillkürliche Bewegungen im thierischen Körper allein vermittelt werden; wir fanden es in gelöster und ungelöster Form in dem feinsten organischen Complexe wieder, im Inhalte der Nervenröhren, in welchem gewissermaassen die höchste Potenz alles thierischen Lebens niedergelegt ist.

dienen den lebensthätigsten Organen als Grundlage.

Leider können wir bei unsrer noch gänzlichen Unkenntniss der chemischen Constitution dieser Körper kaum zu einer Ahnung darüber gelangen, worauf die Umwandlungen des Albumins in Globulin, Syntonin u. s. w. beruhen und was eigentlich diese Stoffe zu jenen ebenso verschiedenen als wichtigen Lebensfunctionen befähige.

Aus ihnen gehen alle stickstoffhaltigen, nicht eiweissartigen Stoffe und Gewebe hervor.

Den Thierkeim finden wir in eine an Albumin und Caseïn reiche Flüssigkeit gelagert; aus ihr bezieht der Keim die zu seiner Entwicklung nöthigen Stoffe; auch dem Säuglinge wird zu seiner Ernährung in der Milch eine Flüssigkeit zugeführt, die neben Zucker und Fett nur einen salzreichen Proteïnkörper, das Caseïn, enthält. Zu einer Zeit also, wo der Organismus zur Entwicklung der leimgebenden, nicht albuminösen Gewebe des grössten Zuschusses von aussen bedarf, wird ihm

neben jenen stickstofflosen Körpern nur Proteïnsubstanz zugeführt; aus ihr müssen also erst im thierischen Organismus die leimgebenden Gewebe, das elastische Gewebe, kurz alles stickstoffhaltige, was nicht albuminös ist, nothwendiger Weise hervorgehen. Finden doch auch die pflanzenfressenden Thiere in ihrer Nahrung keine leimerzeugenden Stoffe, sondern neben jenen stickstofflosen nur Proteïnkörper.

Es kann also kein Zweifel darüber obwalten, dass aus Caseïn und Albumin alle festen Gewebssubstanzen hervorgehen; da die letztern aber durchschnittlich weit reicher an Sauerstoff als die Proteïnkörper sind, so ist es mehr als wahrscheinlich, dass der durch die Lungen dem Blute zugeführte Sauerstoff jene Umwandlung der Proteïnstoffe in die verschiedenen Gewebsmaterien bedingt. Den Process dieser Erzeugung der Gewebe, die einzelnen Stadien dieser Umwandlung des Proteïnstoffs in Gewebsmaterien, die einzelnen Zwischenstufen kennen wir noch viel zu wenig, als dass wir wagen dürften, diese Vorgänge in einzelnen chemischen Gleichungen anschaulich zu machen. Waren auch Gründe dafür da, dass das Albumin sich zunächst in Fibrin umwandle, ehe es zur Bildung leimgebender Gewebe dient, und dass ein Gewebe immer erst ein chondringebendes oder ein schleimgebendes (Bindegewebe des Foetus) war, ehe es ein leimgebendes wurde; so ist damit noch lange nicht der factische Thatbestand des fraglichen Processes ermittelt. Denn wäre auch von chemischer Seite die rationelle Zusammensetzung aller dieser Stoffe genau bekannt, so würden wir doch bei unsrer Unkenntniss der einzelnen Bedingungen des Processes nicht mit Sicherheit entscheiden können, welcher von den vielen möglichen Combinationen und in Formeln ausdrückbaren Vorstellungsweisen der Vorzug zu geben sein möchte. Wir dürfen nicht glauben, dass die einfachste Formel, die einfachste Vorstellungsweise bei Erklärung dieser Processe allemal die richtige sein müsse. Da ohne Concurrenz von Fetten und gewissen Salzen keine Zelle, keine Faser gebildet zu werden scheint, so möchten diese wohl als integrirende Factoren solcher Processe meistens mit in die chemische Gleichung aufzunehmen sein; ja von manchen Stoffen des Thierkörpers, z. B. den stickstoffhaltigen Säuren der Galle, lässt sich fast mit Gewissheit behaupten, dass sie nicht einfache Umwandlungsproducte der Proteïnkörper sind, sondern dass zu ihrem Complexe auch die stickstofflosen Träger der thierischen Stoffmetamorphose mit beitragen. Bei allen Erklärungsversuchen der Bildung und Umwandlung jener stickstoffhaltigen Körper bewegen wir uns nur in einem Kreise von Wahrscheinlichkeiten oder Möglichkeiten, ohne noch irgend eine festere Basis für diese oder jene Anschauungsweise gewonnen zu haben. Nur soviel geht aus dem einfachen Vergleiche der empirischen Zusammensetzung jener Substanzen und aus entsprechenden statistischen Untersuchungen über den Stoffwechsel im Thierkörper mit einiger Gewissheit hervor, dass die verschiedenen Phasen, unter welchen das stickstoffhaltige Molecül im Thierkörper erscheint, wesentlich unter dem

Schwierigkeit, die Umwandlungen der Proteïnkörper zu erklären.

Einflusse des respirirten Sauerstoffs stehen, und dass dieser unter den verschiedensten Umständen den Hauptanlass giebt zu den mannichfaltigen Umwandlungen, welchen das Albuminmolecül unterliegt bis zur endlichen Ausscheidung seiner letzten Trümmer unter der Form von Harnstoff und ähnlichen Materien.

Einwirkung des Sauerstoffs auf die Metamorphosen der Albuminate.

Nicht unbeachtet darf wohl bleiben, dass nach *v. Gorup's* Erfahrungen Albumin und Caseïn durch Einwirkung ozonisirter Luft auf die oben S. 176 und 181 beschriebene Weise umgewandelt werden, Fibrin dagegen und Leim keine Veränderung dadurch erleiden.

Fette

Der die Fette betreffenden physiologisch chemischen Processe ist schon oben vorläufig (S. 43) Erwähnung gethan worden. Diese Körper werden in grösster Menge dem thierischen Organismus von aussen zugeführt; wir sahen sie im Darmcanale hauptsächlich durch Vermittlung der Galle zur Resorption gelangen. Uebrigens waren Gründe vorhanden, welche die Ansicht wahrscheinlich machten, dass ein geringer Theil von Fett zu den im Magen und Darme vor sich gehenden Umwandlungen der Nahrungsmittel, namentlich der stickstoffhaltigen, nothwendig sei. Ins Blut gelangt muss das Fett, je nach den Zwecken, zu denen es im Organismus verwendet wird, verschiedenen Umwandlungen unterliegen. Im Wesentlichen gehen diese Umwandlungen allerdings auf eine Trennung von der Fettbasis und eine allmälige Oxydation der gebildeten fetten Säuren hinaus. Ob das Alkali des Bluts die Zerlegung der Fette bedinge oder ob ein andrer fermentähnlicher Stoff darauf hinwirke, ist noch nicht zu entscheiden gewesen; auch wissen wir nicht, in welchen Gradationen etwa die Fettsäuren höhern Atomgewichts, d. h. die kohlenwasserstoffreichern in die kohlenwasserstoffärmern von geringerem Atomgewicht zerlegt werden. Das Endresultat aller Wandlungen der Fette im Thierkörper ist eben nur, dass sie entweder vollkommen in Kohlensäure und Wasser aufgehen, oder dass sie unter der Form von Ameisensäure, Essigsäure und Buttersäure mit dem Schweisse ausgeschieden werden. Die Fette müssen also durch diese mehr oder weniger schnelle Oxydation bei ihrem geringen Gehalte an Sauerstoff vor allen andern Körpern zur Unterhaltung der thierischen Wärme beitragen; man hat sie daher auch den stickstoffhaltigen Nährstoffen gegenüber Respirationsmittel genannt (*Liebig*); auf ihr thermogenetisches Aequivalent werden wir unter »Respiration« ausführlicher zurückkommen müssen.

Oxydation derselben.

Wärmeerzeugungsmittel oder Respirationsmittel.

Die Fette unterliegen aber im Thierkörper keineswegs einer so schnellen Oxydation, wie man wohl letztgenannter Function nach erwarten sollte, und wie wir andre stickstofflose Stoffe, z. B. Milchsäure, Citronensäure, Aepfelsäure u. s. w., im Blute verbrennen sehen. Gerade die Fette scheinen also unter den leichtverbrennlichen Stoffen am schwersten und letzten der Oxydation zu unterliegen. Auch durch ozonisirten Sauerstoff werden die Fette schwerer verändert, als Proteïnkörper und viele andre organische Stoffe (*v. Gorup-Besanez*); gelangen

Ablagerung in Zellen.

sie in den Organismus in grössern Mengen, so werden sie in besondern Zellen als Fettzellen an verschiedenen Orten im Bindegewebe abgelagert. Genauern Untersuchungen nach giebt es bei reichlicher Zufuhr zum Körper geradezu Anlass zur Bildung neuer Zellen; damit solches Fett abgelagert werden könne, müssen also Proteïnkörper zur Bildung der Lagerstätten verwendet werden. Man glaubt daher auch gefunden zu haben, dass bei übermässiger Fettzufuhr und Mangel an disponiblem Proteïnstoff selbst der Muskelfaser derselbe entlehnt werde, um das Fett in jenen Proteïnhüllen unterzubringen (*Persoz* und *Boussingault*).

Verwendung zur Zellenbildung.

Wie hier das Proteïn herbeigezogen wird, um jene Fettzellen zu erzeugen, so scheint auch das Fett sich bei der Bildung von Zellen und Geweben zu betheiligen, ja man hat eine Theorie der Zellenbildung aufgestellt, vermöge deren die erste Anlage jedweder Zelle sich dadurch bilden soll, dass um ein Fetttröpfchen sich zunächst eine dünne Proteïnschicht ablagere. Thatsache ist nur, dass wir allerdings in allen zellenreichen Organen oder noch in Entwicklung begriffenen Geweben erheblichere Mengen Fett finden; so sehen wir den Eiter und viele Zellenkrebse reich an Fett, die Haarzwiebeln, in denen eine lebhafte Zellenbildung stattfindet, in Talgdrüsen wie eingebettet; im Chylus, wo die zellenartigen Körperchen desselben in verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung zu beobachten sind, ist immer viel Fett enthalten; der Eikeim ist von der fettreichen Dotterflüssigkeit umgeben; in den Muskelfibrillen des Foetus erkennen wir noch viele Fetttropfen u. s. w. Es ist daher die Ansicht nicht ohne allen Grund, dass das Fett ein wesentlicher Factor der Zellenbildung sei. Wir vermögen aber einen wissenschaftlichen Nachweis der diesen Process begleitenden chemischen Veränderungen um so weniger zu geben, als uns alle Untersuchungen fehlen, welche Aufschluss über die Zusammensetzung des in solchen Zellen befindlichen Fetts und der die Zellen selbst constituirenden morphotischen Bestandtheile geben.

Wesentliche Bestandtheile des Nervensystems.

Die Ablagerung eigenthümlich modificirten Fettes in den Nervenröhren weist deutlich genug darauf hin, dass das Fett nicht bloss als einfaches und reines Brennmaterial des lebenden Körpers zu betrachten sei, und giebt andrerseits dem Gedanken Raum, dass es bei der Function der Nerven selbst eine Rolle spiele und während derselben gewissen Umsetzungen unterliege, zu denen wir es bei näherer chemischer Untersuchung ausserordentlich geneigt finden. Schon die Verschiedenheit der Nervenfette, ihr verschiedener Schmelzpunkt und Erstarrungspunkt beweisen, dass wir hier verschiedene Stadien der Fettwandlung vor uns haben. Endlich möchte auch die Thatsache, dass, selbst wenn das Fett aus fast allen andern Organen geschwunden ist, dieses doch in den Nerven in unverändertem Maasse zurückbleibt, deutlich genug dafür sprechen, dass diese Fette für die Nervenaction unerlässlich seien. Noch kennen wir aber weder die einzelnen Nervenfette selbst noch ihre

Constitution genau; wir sind also auch hier völlig ausser Stande, den die Nerventhätigkeit begleitenden chemischen Process bezüglich der Fette auch nur einigermaassen zu deuten.

Verwendung zur Bildung der Gallensäuren.

Auf die Gründe, welche es wahrscheinlich machen, dass ein Theil des Fettes im Thierkörper, und zwar hauptsächlich die Oelsäure, mit zur Bildung der harzigen Gallensäuren verwendet werde, ist schon in der Zoochemie (S. 43 u. 129) aufmerksam gemacht worden. Genauer hat sich jedoch auch hier der Process noch nicht verfolgen lassen.

Erzeugung des Fetts innerhalb des lebenden Körpers

Eine für die Beurtheilung des thierischen Stoffwechsels höchst wichtige Frage ist es, ob im Thierkörper selbst aus andern Stoffen, d. h. aus Proteïnkörpern oder Kohlenhydraten, Fett erzeugt werden könne (*Liebig*). Dass der thierische Organismus ein solches Vermögen besitzen müsse, ist schon statistischen Versuchen nach früher (S. 42) bemerkt worden; die gewöhnliche Annahme ist nun die, dass das im thierischen Körper neu entstehende Fett seine Quellen in den Kohlenhydraten der Nahrungsmittel habe. Indessen deuten doch auch einige Erscheinungen darauf hin, dass auch Proteïnkörper bei ihrer Zersetzung im Organismus neben stickstoffhaltigen Producten Fett zu liefern im Stande seien.

aus Kohlenhydraten,

aus Proteïnkörpern.

Chemischerseits hat man allerdings noch nicht aus Proteïnkörpern gewöhnliches Fett zu erzeugen vermocht, allein die chemischen Thatsachen widersprechen wenigstens nicht einer solchen Ansicht; denn unter günstigen Bedingungen zerfallen z. B. Fibrin, Caseïn u. s. w. geradezu in Ammoniaksalze und flüchtige Fettsäuren.

Bildung von Fettwachs.

Soweit ferner die Beobachtungen über die Bildung von Fettwachs (Adipocire) reichen, gewinnt es allerdings den Anschein, als ob die Muskelsubstanz dabei einfach in Ammoniakseife verwandelt würde. Bekannt ist ferner, dass in gelähmten Muskeln allmälig die Fibrillensubstanz schwindet, an deren Stelle aber viel Fett abgelagert wird.

Böttcher hat neuerdings genauere Versuche über diesen Gegenstand angestellt, und glaubt, aus seinen Bestimmungen schliessen zu können, dass der Fettgehalt des Musculatur allerdings auf einen Zerfall sticksoffhaltiger Substanz zu beziehen sei.

Fettige Degeneration.

Sehr oft sehen wir in krankhaft afficirten Geweben, namentlich in Folge entzündlicher Processe, Fettkörnchen auftreten, welche die Reste verödeter Zellen erfüllen und umgeben (fettige Degeneration, *Virchow*).

Umwandlung fettfreier stickstoffhaltiger Substanzen innerhalb des Körpers in fettreiche Massen.

Man hat ferner fettarme thierische Stoffe, wie Krystallinsen, Eiereiweiss u. s. w. in die Bauchhöhle lebender Thiere gebracht und nach Verlauf von 4 bis 8 Wochen die rückständige Masse zwar geschwunden, aber arm an Proteïnsubstanz und sehr reich an Fett gefunden. Diese Erfahrungen geben der Ansicht, dass hier das Fett aus Proteïnsubstanzen hervorgehe, allerdings einen Grad von Wahrscheinlichkeit: allein es ist sehr wohl denkbar, dass in diesen Fällen das Fett immer ein infiltrirtes, aus der Säftemasse in den durch Resorption des Proteïns

entstandenen Hohlräumen abgelagertes ist, so wie wir sehen, dass in Krankheiten, die mit Rarefaction des Knochengewebes verbunden sind, in die erweiterten Knochenporen ein öliges Fett eintritt. Weitere Versuche zeigen auch, dass einerseits durch Collodium, Guttapercha oder in verstöpselten Gläsern abgeschlossene Proteïnkörper im Organismus einer solchen Fettmetamorphose nicht unterliegen, und dass andrerseits auch nicht eiweissartige Substanzen, z. B. Knochenstückchen, Holz und Hollundermark bei längerm Verweilen in der Bauchhöhle eines Thiers viel Fett in ihre Poren aufnehmen und mit einer gelblichen, fettreichen Exsudatschicht umzogen werden (*R. Wagner*, *Schrader*, *Husson*). Eine definitive Entscheidung über die obschwebende Frage wird jedoch auch durch die letztern jener Ansicht einigermaassen widersprechenden Versuche nicht herbeigeführt, da es nicht bloss denkbar, sondern sogar wahrscheinlich wäre, dass Zutritt organischer Säfte zum Proteïn nothwendig sei, um in diesem die Fettmetamorphose einzuleiten, und da das die todten Materien umhüllende Exsudat wohl selbst diesem Processe unterliegen könne. Einige Versuche, die man an den Eiern von Limnaeus stagnalis während ihrer Entwicklung angestellt hat, scheinen allerdings eine Fettzunahme bei der Entwicklung des Embryo, bedingt durch Zersetzung albuminöser Materie, auszuweisen und so wenigstens für diesen Fall eine Entstehung von Fett aus Albumin darzuthun (*F. W. Burdach*). Die ganze Frage ist aber deshalb immer noch als schwebend anzusehen.

Kohlenhydrate.

Die physiologische Bedeutung der dritten Gruppe der in den thierischen Stoffwechsel tiefer eingreifenden Materien ist im Allgemeinen nur wenig gewürdigt worden, da sich diese Körper lange Zeit der dokimastischen Analyse entzogen haben. Nur vier der Kohlenhydrate kommen im Thierkörper vor; Glykogen, Krümelzucker, Milchzucker und Inosit. Mit Ausnahme der in den Bedeckungen der Tunicaten abgelagerten Cellulose bildet keines jener Kohlenhydrate die Grundlage von thierischen Geweben; dagegen finden sie sich fast in allen thierischen Flüssigkeiten, die entweder zur Ernährung bestimmt sind, oder in denen ein regerer Stoffwechsel stattfindet. Wir fanden den Zucker im Blute, in der Lymphe, dem Chylus, dem Eiweiss und Dotter der Eier, in der Milch; Beweiss genug, dass dieses Kohlenhydrat in verschiedene thierische Processe thätig mit eingreifen wird. Den besten Beweis für die Wichtigkeit des Zuckers bei der thierischen Stoffmetamorphose liefert uns aber die Natur selbst, indem sie durch ein Organ, die Leber, dafür gesorgt hat, dass selbst, wenn von aussen kein Zucker zugeführt wird, dem Organismus derselbe doch nicht fehle (vergl. S. 139).

Allgemeines Vorkommen des Zuckers in thierischen Nährsäften.

Respirationsmittel.

Gleich den Fetten wird der Zucker den Respirationsmitteln beigezählt und muss auch, da er selbst nicht in die Excrete übergeht, sondern im Blute zu Wasser und Kohlensäure sehr bald oxydirt wird, wesentlich mit zur Unterhaltung der thierischen Wärme beitragen (*Liebig*). Allein auch dieser Körper dürfte ebensowenig als die Fette

diesem Zwecke einzig und allein dienen; kaum würde dann erst der Zucker in der Leber erzeugt werden.

Bemerkenswerth ist, dass nach den Erfahrungen *v. Gorup's* Milchzucker, Rohrzucker und Inosit wenigstens in neutralen oder sauren Lösungen durch ozonisirte Luft durchaus nicht verändert werden.

Der Zucker erleidet vor seiner Oxydation sicher mancherlei Umwandlungen, durch welche er in diesen oder jenen dem Leben nützlichen Process eingreift. So wird er zum Theil wenigstens in Säuren verwandelt; schon in den ersten Wegen geht aus dem dem Stärkmehl entsprossenen Zucker etwas freie Säure hervor, die, vermöge ihres Diffusionsaequivalents, zur Resorption des Darminhalts beiträgt. Wir finden, wie schon früher erwähnt wurde, Alkali und freie Säure sehr verschieden im thierischen Organismus vertheilt; auf die Wichtigkeit dieser Vertheilung kommen wir noch weiter unten zurück. Würden die Kohlenhydrate, ohne Säuren zu bilden, im Organismus einfach verbrannt, so könnte wenigstens in dem der Pflanzenfresser niemals saure Reaction, oder, was dasselbe ist, ein saures phosphorsaures Salz erzeugt werden. Da die Asche der Pflanzen (mit Ausnahme der einiger Samen) stets alkalisch reagirt, so würde die Nahrung der pflanzenfressenden Thiere in deren Organismus nur alkalisch reagirende Flüssigkeiten erzeugen.

Umwandluug in Säuren.

Zucker ist ein sehr gutes Lösungsmittel für kohlensauren und phosphorsauren Kalk. Bei der Entwicklung des Foetus im Vogelei, wo wir die Zunahme des Kalks so auffallend finden, mag derselbe der Eischale zum Theil durch Vermittlung des Zuckers entlehnt werden.

Zucker als Lösungsmittel.

Statistische Versuche an gemästeten Thieren so wie an nur mit Zucker oder geläutertem Honig gefütterten Bienen haben dargethan, dass aus Kohlenhydraten Fett im Thierkörper erzeugt werden müsse (*Gundelach*, *Liebig*, *Boussingault*, *Dumas*): allein wo die Stätte dieser Fettbildung sei und an welchen Process sie gebunden sei, hat noch nicht ermittelt werden können. Im Blinddarme sehen wir zwar häufig nach dem Genusse stärkmehlreicher Nahrungsmittel Buttersäure auftreten: allein diese Erfahrung berechtigt noch nicht zu der Annahme, dass hier etwa die Fettbildung stattfinde. Man hat den Herd der Fettbildung auch in der Leber gesucht: allein sollte hier zugleich Zucker einerseits aus Proteïnstoffen gebildet und andrerseits ebenderselbe wieder in Fett umgewandelt werden, während wir ihn doch in so grosser Menge die Leber verlassen sehen?

Entstehung von Fett aus Zucker.

Sehr wahrscheinlich ist es, dass der Zucker in manche andere Processe als die hier angedeuteten eingreift; allein leider fehlt es uns zu deren Beurtheilung noch an sichern Anhaltspunkten.

Oefter schon ist auf den Gegensatz in der Reaction der eigentlichen Nährflüssigkeiten des Körpers und der meisten parenchymatösen Säfte aufmerksam gemacht worden. Die Leber, Milz, Thymusdrüse und Nebennieren enthalten freie Säure; die Muskeln erzeugen wenigstens solche bei angestrengter Thätigkeit.

Freie Säuren.

Die Gegenwart freier Säure in jenen Säften muss nothwendiger Weise gewisse physikalische und chemische Erfolge bedingen. Dass durch diesen Gegensatz, wie *Liebig* glaubte, bestimmte mit der Function der Organe zusammenhängende Polaritätserscheinungen bedingt würden, dürfte durch *Du Bois'* Versuche unwahrscheinlich geworden sein. Dass hingegen dadurch gewisse Diffusionsströme nach verschiedenen Richtungen eingeleitet werden, lässt sich mehr errathen als speciell nachweisen; denn über die Gesetze der Diffusion sind wir noch lange nicht genug unterrichtet, um die einschlagenden Molecularbewegungen auf jene zurückzuführen und so den betreffenden mechanischen Stoffwechsel erklären zu können.

Erregung gewisser Diffusionsströme.

Eine chemische Folge des Auftretens freier Milchsäure in den, Muskeln und Faserzellen enthaltenden, Organen ist die Bildung saurer Phosphate. Wir fanden in allen diesen Theilen den alkalischen Flüssigkeiten gegenüber die Phosphate gleichzeitig vermehrt. Dieser Reichthum an sauren Phosphaten kann theils daher rühren, dass durch die freie Säure die Phosphate den unzersetzten Proteïnkörpern zum Theil entzogen werden, theils daher, dass bei der Zersetzung der Muskelfaser sich jene von dieser loslösen, also gewissermaassen frei werden. Wirkten aber hierbei nicht noch eigenthümliche, uns zur Zeit noch nicht durchsichtige Diffusionsverhältnisse, so bliebe die Anhäufung derselben in jenen Säften dem Blutserum gegenüber immer noch unerklärt.

Bildung saurer Phosphate.

Bemerkenswerth ist aber noch, dass sich dieser freien Milchsäure und den sauren Phosphaten noch Kalisalze zugesellen, während wir im Blutserum Natronverbindungen überwiegend finden. Hätten neuere Versuche nicht gelehrt, dass durch Diffusion selbst sehr starke chemische Verbindungen zerlegt werden, dass ferner das Diffusionsaequivalent der Kali- und Natronsalze ein ziemlich verschiedenes ist: so würde man kaum in physikalischen Verhältnissen die Ursache dieser auffälligen Trennung der Kali- und Natronverbindungen zu suchen wagen. Vermögen wir aber auch jetzt noch nicht genau die betreffenden Diffusionsströme, geleitet durch bestimmte Gesetze, zu verfolgen: so wissen wir doch, dass es solche Gesetze giebt, von denen diese eigenthümliche Vertheilung der Mineralstoffe abhängig sein muss.

Kalisalze.

So unerwartet auch in chemischer Beziehung die Behauptung scheinen mag, dass den beiden Alkalien in physiologischer Beziehung eine verschiedene Dignität zugeschrieben werden müsse: so beweisen doch auch chemische Erfahrungen, dass die Unterschiede in der chemischen Wirksamkeit dieser Stoffe nicht bloss graduell sind; ist das Natron zur Bereitung von Oxalsäure aus Kohlenhydraten oder zur Darstellung des Blutlaugensalzes aus thierischen Stoffen nicht fast ganz untauglich, während das Kali in gleichem Falle so kräftig wirkt?

Fehlt es uns aber an Erklärungsmitteln, d. h. an hinlänglich erforschten und constatirten Gesetzen, so sind wir um so mehr darauf angewiesen, die einschlagenden Thatsachen festzuhalten, um dann später

Gegensatz zwischen sauren und alkalischen Säften im lebenden Thierkörper.

eine um so festere Unterlage für Anwendung der betreffenden Gesetze zu finden. Wie wir früher gesehen haben, finden sich ähnliche Gegensätze, wie zwischen Muskel- und Blutflüssigkeit, auch zwischen Dotter und Eiweiss und zwischen Blutzelleninhalt und Intercellularflüssigkeit. Im Dotter ist zwar ebensowenig als im Blutzelleninhalte eine freie Säure nachzuweisen, allein beide liefern bei vorsichtigem Einäschern eine wegen saurer Phosphate stark sauer reagirende Asche. Einige Untersuchungen machen es wahrscheinlich, dass wir es hier mit gepaarten Phosphorsäureverbindungen zu thun haben; genauer kennt man von solchen Verbindungen bis jetzt nur die Glycerinphosphorsäure; doch mögen der Art noch andere Verbindungen im Thierkörper öfter vorkommen, besonders da, wo die Asche saure Phosphate oder metaphosphorsaure Salze enthält. Hieher gehören z. B. die meisten Substrate der thierischen Gewebe, welche eine Asche liefern, in der auf 1 Aequ. Phosphorsäure nur ein Aequ. Base kommt, ein neuer Beleg für die früher (S. 327 f.) ausgesprochene Ansicht, dass die Phosphate Antheil an der Bildung der Zellen und Gewebe haben mögen.

Gepaarte Phosphorsäuren.

Dass übrigens nicht bloss die Bedingungen der Diffusion es sind, welche eine Anhäufung der Phosphate und Kalisalze in den Muskeln herbeiführen, sondern dass auch chemische Verhältnisse die Phosphorsäure in jenen Organen fesseln: dürfte auch aus der Thatsache zu erschliessen sein, dass in den erwähnten Organen der Herbivoren nicht weniger Phosphate und Kali gefunden werden als in denen der Carnivoren, während doch in der Blutflüssigkeit der erstern kaum Spuren, in der der letztern aber je nach der Menge aufgenommener animalischer Nahrung sehr variable Quantitäten von Phosphaten vorkommen (*Liebig*).

Indem wir über die Function der freien Säure oder der gepaarten Phosphorsäureverbindungen in jenen Organen nur Conjecturen aufzustellen vermögen, lassen sich chemischen Principien nach wenigstens einige Erfolge der Anwesenheit freien oder lose gebundenen Alkalis in der Blutflüssigkeit mit Nothwendigkeit voraussehen. Wir können nämlich mit Bestimmtheit voraussagen, dass das Alkali unter den im kreisenden Blute obwaltenden Verhältnissen auf viele organische Materien eine oxydirende Wirkung ausüben müsse (*Liebig*). Denn es ist ja eine bekannte chemische Erfahrung, dass sehr viele organische Substanzen an der Luft, d. h. bei Zutritt von Sauerstoff sich nur unter Vermittlung von Alkali oxydiren oder mindestens bei weitem schneller als ohne dieses. Während wir ausserhalb des Thierkörpers organische Säuren (wir erinnern z. B. nur an Gallussäure und Pyrogallussäure), wenn sie an Alkali gebunden sind, ausserordentlich schnell Sauerstoff anziehen und sich zersetzen sehen, finden wir, dass milchsaure, weinsaure, essigsaure und ähnliche Alkalien, direct ins Blut injicirt oder vom Darme aus aufgenommen, sehr bald bei Gegenwart des im Blute verdichteten Sauerstoffs bis zu kohlensauren Alkalien verbrannt werden (*Wöhler*).

Alkalien im Blute.

Oxydirende Wirkung derselben.

Einwirkung des Alkalis im Blute auf organische Säuren.

Einwirkung des Alkalis auf Zucker,

Darf uns ferner die schnelle Consumtion des Zuckers im Blute Wunder nehmen, wenn wir uns daran erinnern, dass jener Zucker in Gesellschaft von Alkali selbst gebundenen Sauerstoff aufzunehmen und diesen dem Kupferoxyd und vielen andern Oxyden zu entziehen vermag? Sehen wir doch andrerseits, dass nach Einführung von Kohlenoxyd in das Blut, einem Körper, welcher gerade vorzugsweise die Sauerstoffaufnahme ins Blut hindert (S. 217), den Zucker sich im Blute zuweilen in solcher Menge anhäufen, dass er selbst im Harn erscheint (*Cl. Bernard*). Wie aber bei der Oxydation des Zuckers im Laboratorium derselbe gewöhnlich nicht unmittelbar zu Wasser und Kohlensäure zerfällt, sondern oxygenreichere Producte liefert, so dürfte er wohl auch im Blute nicht mit einem Schlage oxydirt werden.

auf die Fette,

Dass ferner das Alkali im Blute, selbst wenn es an Kohlensäure gebunden, eine Verseifung der Fette einleiten müsse, kann nicht in Abrede gestellt werden; ob es aber auch mit Hülfe des Blutsauerstoffs oxydirend auf die gebildeten Fettsäuren einwirke, lässt sich nicht mit gleicher Bestimmtheit behaupten; doch ist wenigstens vorläufig die allmälige Consumtion der Fette im Thierkörper kaum anders zu deuten.

auf Albuminate und Leim.

Der Antheil, welchen das Alkali an der Umwandlung des Albumins in Fibrin, chrondringebende und glutingebende Gewebe nimmt, lässt sich allerdings auch noch nicht näher bezeichnen; doch lehren mehrere pathologische Thatsachen, dass dieser Antheil kein geringer sein kann.

Begrenzung des Oxydationsvermögens des Organismus.

Dass übrigens hier rein chemische, an Zahl und Maass gebundene Verhältnisse die Bedingungen jener Erscheinungen sind, möchte am besten daraus zu ersehen sein, dass dieses Oxydationsvermögen des Blutes ein zwar sehr intensives, aber wenig extensives ist; denn sobald die Zucker- oder Säurezufuhr zum Blute eine gewisse keineswegs weitgezogene Grenze überschreitet, gehen diese Stoffe unverändert in die Excretionen über. Daher wird auch z. B. das Salicin je nach den individuellen Verhältnissen und der Menge aufgenommener Substanz im Körper bald nur in salicylige Säure, bald bis zu Salicylursäure oxydirt. Andrerseits darf aber die Wirkung des Alkalis nicht als so weitgreifend betrachtet werden, dass es unter allen Verhältnissen die Oxydation sämmtlicher Blutbestandtheile bedinge oder beschleunige. Denn wird z. B. Alkali künstlich in den Organismus oder ins Blut eingeführt, so ist unter sonst normalen Bedingungen keine Vermehrung der Schwefelsäure im Harn (*Parkes*, *Buchheim* und *Clare*), die als Beweis vermehrter Oxydation der Albuminate dienen würde, noch z. B. eine Verminderung des Zuckers im Harn von Diabetikern (im Widerspruch mit *Mialhe's* Behauptung) wahrzunehmen. Wäre die Energie der Oxydationsprocesse im Blute so bedeutend, wie könnten wir sonst darin Cholesterin, Hypoxanthin und ähnliche oxygenarme Stoffe finden? wie sollte dann der Uebergang reducirten Indigos in den Harn gedeutet werden? Wie wenig wir übrigens die Oxydationsbedingungen im thie-

rischen Organismus kennen, dürfte auch daraus einleuchten, dass gerade in den sauer reagirenden Muskeln eine sehr rege Oxydation vor sich geht (*G. v. Liebig*).

Chlornatrium.

Auch das Chlornatrium, dieser scheinbar so indifferente und schwer zersetzbare Körper, ist ein wichtiger Factor mehrerer thierischer Processe. Darauf weist schon die Thatsache hin, dass in den meisten thierischen Säften und vorzugsweise im Blute der Kochsalzgehalt sich ziemlich constant bleibt, möge dem Organismus mit den Nahrungsmitteln noch soviel oder noch so wenig davon zugeführt werden; ferner erwiesen directe Versuche an Thieren, die theils mit dem Futter Kochsalz erhielten, theils nicht, dass reichlicher Genuss von Chlornatrium zwar ohne Einfluss auf Fleisch- und Fettbildung sei, dass die damit gefütterten Thiere aber ein besseres Aussehen (namentlich rücksichtlich des Haarwuchses) und grössere Lebhaftigkeit zeigten, als die ohne Kochsalz gefütterten Thiere (*Boussingault*). Der Kochsalzgehalt des Körpers wird übrigens von der Natur so zu Rathe gehalten, dass z. B. beim Hungern und beim Genuss absolut kochsalzfreier Nahrungsmittel das Blut seinen frühern Gehalt an Chlornatrium beibehält, indem nichts davon in die Excrete übergeht.

Einwirkung desselben auf Proteïnkörper,

Nur wenige Eigenschaften des Chlornatriums können uns als Erklärungsmittel für die Processe dienen, in welche es wesentlich eingreift. Von der Lösung dieses Salzes werden einige Proteïnkörper, z. B. alkali- und salzarmes Albumin und Caseïn gelöst, andre dagegen, z. B. Kleber und Syntonin aus säuerlichen Lösungen gefällt. Die Gegenwart von Chlornatrium im Blute, in Exsudaten u. s. w. könnte daher in dem einen Falle zur Lösung, im andern zur Ausscheidung gewisser Proteïnkörper dienen; speciell ist aber ein solcher Einfluss noch nicht nachweisbar.

auf Harnstoff und auf Zucker;

Chlornatrium geht bestimmte Verbindungen mit Harnstoff so wie mit Krümelzucker ein; beide Stoffe kommen daher im thierischen Organismus immer auch in Begleitung von Chlornatrium vor. Möglich, dass das Chlornatrium einen Antheil an der Umwandlung des Zuckers und der Ausscheidung des Harnstoffs hat (*Liebig*).

Bildung freier Salzsäure;

Das Chlornatrium muss im thierischen Organismus auch zersetzt werden; ob gerade die freie Salzsäure des Magensaftes von Chlornatrium herrühre und nicht von dem leichter zersetzbaren Chlorcalcium, ist wenigstens zweifelhaft; im Blute der Pflanzenfresser muss aber das Chlornatrium sich mit dem von den Nahrungsmitteln herrührenden kohlensauren Kali zersetzen; denn wir finden in demselben auf 4 Th. kohlensauren Alkalis 3 Th. kohlensaures Natron und nur 1 Th. kohlensaures Kali, während im Muskelsafte nur Chlorkalium vorkommt (*Liebig*). Auch die Galle der pflanzenfressenden Thiere enthält fast nur Natronsalze; es scheint also, als ob diese zur Gallenbildung nützlicher wären als Kalisalze. Bloss zufällig können wenigstens jene Erfahrungen

Bildung von Chlorkalium;

wohl nicht sein, wenn wir sie auch zur Zeit nicht zu deuten verstehn.

Wichtigkeit des Chlornatriums für den mechanischen Stoffwechsel,

Von ersichtlicher Bedeutung ist das Chlornatrium für den mechanischen Stoffwechsel; der constante Chlornatriumgehalt des Blutes ist ein wesentlich bedingendes Moment des Aufsaugungsprocesses (*Liebig*); der Darminhalt enthält eine sehr wenig concentrirte Lösung; aus dem durch diese verdünnten Blute wird das aufgenommene Wasser durch die Nieren alsbald wieder entfernt, so dass die Kochsalzlösung des Bluts fast fortwährend dieselbe Concentration behält.

so wie für die Zellenbildung.

Da wir endlich in zellenreichen Organen, wie z. B. in den Knorpeln und Haaren, in Secreten und Exsudaten, die vorzugsweise zur Zellenbildung disponiren (wie im Schleim, Eiter, Krebs), besonders viel Chlornatrium finden (*H. Nasse*) und bei Abscheidung solcher Exsudate (wie in der Pneumonie) dasselbe aus dem Harne ganz schwinden sehen (*Heller, Redtenbacher*), so wird es wahrscheinlich, dass das Chlornatrium auch auf die Zellenbildung Einfluss habe oder vielleicht ihre weitere Umwandlung zu Geweben verhindere. Von dem Wie dieser Wirkung haben wir leider keine Ahnung.

Verdauung.

Begriffsbestimmung.

Unter Verdauung verstehen wir jenen Complex von Processen, vermöge deren der Uebergang der Speisen in das Blutgefässsystem zum Wiederersatz der unbrauchbar gewordenen Organtheile und zur Erhaltung der Lebensfunctionen überhaupt chemisch und physikalisch ermöglicht wird.

Abhängigkeit des Aufsaugungsvermögens von gewissen physikalischen und chemischen Eigenschaften der Stoffe.

Um zur Aufnahme in die Säftemasse des Thierkörpers fähig zu werden, müssen die Nährstoffe in einen löslichen Zustand versetzt werden. Die Aufsaugungsfähigkeit ist keine zufällige, keine beziehungslose Eigenschaft derselben; daher muss auch diese Eigenschaft in eben so enger Beziehung zu allen übrigen physischen und chemischen Qualitäten stehen, wie alle diese unter einander (vergl. S. 10). Deshalb werden auch die unter gleichen Verhältnissen der Aufsaugung unterliegenden Stoffe im Uebrigen sehr bestimmte Analogien zeigen; bei analogen Substanzen wird die Aufsaugbarkeit immer mit gewissen andren Qualitäten coïncidiren; solcher Qualitäten sind die unter einander wieder eng zusammenhängenden Eigenschaften: die Löslichkeit, der Verdichtungscoëfficient bei der Lösung, das Diffusions- oder endosmotische Aequivalent. Gerade diese sind die nächstliegenden Beziehungen, welche bei Erklärung der Aufsaugung der Stoffe im Darme in Frage kommen; die Aufsaugung ist nichts als eine Function der eben genannten mechanischen Bedingungen.

Eine exacte Erklärung der Resorption mangelt.

Da wir aber noch keine der verschiedenen Arten der Anziehung zwischen Wasser und festen Körpern auf eine mathematische Formel gebracht haben und die Beziehungen zwischen jenen selbst unermittelt sind, so vermögen wir noch nicht, eine wahrhafte Erklärung des Aufsaugungsprocesses zu geben; denn wie wäre eine Erklärung, d. h. eine Ableitung der Erscheinungen aus Gesetzen denkbar, wenn diese Gesetze selbst noch nicht bekannt sind? Wir müssen uns daher vorläufig mit einer allgemeinen Deutung der Resorptionserscheinungen nach physika-

lischen Analogien begnügen, sehen aber soviel mit Sicherheit voraus, dass nur physikalische Verhältnisse es sind, welche die Aufsaugung bedingen.

Beziehungen zwischen der Aufsaugbarkeit der Substanz und ihrer Reaction gegen die Verdauungssäfte.

So wie nun aber die Aufsaugungsfähigkeit bedingt wird durch die beziehungsreiche Vereinigung mehrerer an die Grundverhältnisse jeder einzelnen Substanz gebundenen Qualitäten, so auch das ganze Verhalten derselben gegen die Verdauungsmittel, d. h. gegen die Verdauungssäfte. Die chemischen und die physikalischen Eigenschaften sind keineswegs so disparate Begriffe, wie man sie meistens betrachtet hat; viele neuere Erfahrungen haben deutlich genug das Ueberfliessen der physikalischen Qualitäten in die chemischen dargethan; eine strenge Grenze zwischen beiden lässt sich nicht ziehen; wie sehr aber die physikalischen Eigenschaften auf die chemischen und die letztern auf die erstern influenziren, ist sattsam bekannt; daher ist es kein Paradoxon, wenn wir von den Grundqualitäten einer Substanz deren Aufsaugungsfähigkeit ebenso abhängig glauben, als deren Verhalten gegen die Verdauungssäfte, und wenn wir hieraus schliessen, dass auch bestimmte Beziehungen zwischen dem Aufsaugungsvermögen einer Substanz und deren Reaction gegen die Verdauungssäfte stattfinden müssen.

Die Verdauungsobjecte sind nach ihrer chemischen Qualität einzutheilen.

Wenn nun aber die für die Verdauung wesentlichsten Eigenschaften der Stoffe auf gewissen Grundqualitäten derselben beruhen, so werden wir bei einer wissenschaftlichen Behandlung der Verdauung die Verdauungsobjecte nicht nach ihren physiologischen Zwecken, nicht nach ihrer etwaigen Nützlichkeit oder Schädlichkeit einzutheilen haben, sondern sie nur nach der Analogie ihrer Grundqualität zusammenstellen müssen, um einen sichern Weg zur wissenschaftlichen Erkenntniss des Gesammtprocesses einzuschlagen.

Mechanische Bedingungen der Resorption durch die Blutgefässe.

Da wir einmal den Verdauungsprocess (im engern Sinne) für unzertrennlich vom Aufsaugungsprocesse halten: so haben wir, ehe wir die Verdauungsobjecte selbst und ihre Schicksale im Darmcanale näher verfolgen, zuvörderst noch einige mechanische Bedingungen der Resorption etwas näher anzudeuten.

Die Lösung der Chymusstoffe ist sehr verdünnt, das Blut dagegen verhältnissmässig sehr concentrirt.

Der Diffusionsstrom von der Darmhöhle aus in der Richtung der Säftemasse wird durch folgende Verhältnisse ausserordentlich begünstigt: die Lösung der im Darme befindlichen Stoffe ist eine höchst verdünnte, theils weil die zu verdauenden Substanzen, wie Stärkmehl und Proteïnstoffe, nur sehr allmälig in löslichen Zustand versetzt werden, theils weil die dem Darme zuströmenden Säfte ausserordentlich reich an Wasser und selbst sehr arm an festen Bestandtheilen sind. Die Aufnahme dieser sehr verdünnten Lösungen des Darminhalts wird um so mehr begünstigt, als das Blut eine sehr concentrirte, ja die concentrirteste Flüssigkeit des Thierkörpers ist. Bei Aufnahme grosser Mengen Wasser würde aber dieses Verhältniss bald getrübt werden, wenn nicht durch gewisse Mechanismen das Blut auf dem Grade seiner Concentration möglichst erhalten würde; diese Mechanismen bestehen theils in

der reichlichen Abdunstung des Wassers aus dem Blute durch die Lungen und durch die Haut, theils in der Ausscheidung durch die Nieren (*Liebig*).

Dieser Satz darf aber nicht etwa so missverstanden werden, als ob die Diffusion lediglich von der Verdünnung abhängig wäre; im Gegentheil diffundiren die diffusiblen Körper eigentlich nur proportional der Menge, in der sie zugegen sind.

Das Blut ist in fortwährender Bewegung.

Ein zweiter Umstand, der die Transsudation vom Darme aus ins Blut begünstigt, ist die fortwährende Bewegung des Bluts in den Capillaren; kaum durch wässrige Darmflüssigkeit verdünnt, wird das Blut in die grössern Venen getrieben und an seine Stelle tritt wieder concentrirteres Blut.

Im Darme ist freie Säure, im Blute freies Alkali.

Ein weiteres begünstigendes Moment ist die in einem grossen Theile des Darminhalts normal saure Reaction, während die zur Aufnahme der Darmlösung bestimmten Säfte stark alkalisch reagiren. Wir wissen aber, dass freie Säure die Exosmose befördert, freies Alkali dieselbe vermindert.

Schwierigkeit der Resorption gewisser Stoffe.

Trotz dieser der Resorption äusserst günstigen Anordnungen giebt es doch eine Anzahl Stoffe, die, obgleich gelöst im Wasser des Darminhalts, doch nur äusserst schwierig und zum Theil gar nicht in das Blut der Darmcapillaren übergehen würden. Solche Stoffe sind entweder an sich der Endosmose unfähig und müssen daher erst durch die Verdauungssäfte modificirt und der Endosmose fähig gemacht werden, oder es sind noch besondre mechanische Hülfsmittel vorhanden, um sie in die allgemeine Säftemasse zu befördern. Denn die Verdauungssäfte dienen keineswegs bloss dazu, die Verdauungsobjecte löslich zu machen, sondern auch ihre Qualitäten so umzugestalten, dass sie zu solchen molecularen Bewegungen, wie wir sie unter dem Worte Diffusion begreifen, geneigter werden. Das Blut ist überdiess vom Darminhalte nicht durch eine einfache Membran, sondern durch mehrere Membranen und Zellenreihen getrennt, wodurch der Uebertritt in gewissem Grade verlangsamt werden muss, namentlich für schwer diffusible Stoffe, z. B. Gummi und Albumin.

Resorption durch die Chylusgefässe.

Wir finden deshalb auch noch besondre mechanische Vorrichtungen zur Beförderung schwer diffusibler Stoffe ins Blut; diese bestehen in den Chylusgefässen. Einen deutlichen Begriff von dem Mechanismus der Resorption durch die Chylusgefässe besitzen wir indessen noch nicht. Alle Versuche, die Aufsaugung durch die Lymphgefässe zu erklären, beziehen sich eigentlich nur auf die Fortbewegung der schon in die Anfänge der Chylusgefässe übergegangenen Flüssigkeit; die Contractilität der Darmzotten, d. h. ihr Gehalt an glatten Muskelfasern muss natürlich zeitweilig dahin wirken, dass die in ihnen enthaltenen Flüssigkeiten fortgeschoben und durch die in den Gefässen selbst enthaltenen Klappen am Rücktritte verhindert werden. Wie sich aber die kleinsten Lymphgefässverästelungen füllen und wie es zugeht, dass eine

Anzahl Stoffe neben den Blutcapillaren vorüber in die Enden der Chylusgefässe gelange, das ist noch unerklärt. Denn obwohl wir an eine specifische Permeabilität der Membranen denken können (indem Caoutchouc z. B. nicht für Wasser, wohl aber für Weingeist permeabel ist): so ist es doch noch nichts weniger als erwiesen, dass Blutgefäss- und Chylusgefässmembranen specifische Scheidewände sind, welche dem einen Stoffe den Durchtritt gestatten, dem andern nicht.

Methoden zur Ermittlung, ob eine Substanz von den Blutgefässen oder den Lymphgefässen resorbirt wird.

Die uns zunächst liegende Frage wird nun die sein, welche Substanzen gehen vom Darmcanale aus unmittelbar ins Blut über, und welche gelangen erst durch Vermittlung der Chylusgefässe ins Blut? Und eine zweite Frage, welche Grundqualitäten sind diesen Gruppen verschiedener Aufsaugungsfähigkeit eigenthümlich? Zwei Wege sind es besonders, die man eingeschlagen hat, um zu erfahren, welche Stoffe dem einen oder dem andern Resorptionsmodus folgen. Der erste Weg, den man betrat, war der, dass man in den Darm oder in eine abgebundene Schlinge desselben die fragliche Substanz brachte, nachdem man vorher den Ductus thoracicus oder den von der Darmschlinge entsprossenen Stamm der Chylusgefässe unterbunden hatte; man wählte zu diesen Versuchen solche Substanzen, die entweder im Blute leicht chemisch nachgewiesen werden konnten oder die sehr bald auffallende toxische Erscheinungen erzeugten, um daran den Uebergang oder Nichtübergang derselben in die allgemeine Säftemasse zu erkennen.

Die zweite Methode besteht darin, dass man die in den Darmcanal eines Thieres gebrachten Substanzen kurze Zeit nach ihrer Aufnahme im Blute vorzugsweise in dem der Pfortader und im Chylus aufsuchte. Namentlich schloss man aus dem schnellen Erscheinen solcher Substanzen im Blute und im Harne oder der Lungenausdünstung auf eine unmittelbare Resorption durch die Darmcapillaren.

Stoffe, welche von den Blutgefässen resorbirt werden.

Welche Stoffe werden nun, solchen Versuchen nach, ohne wesentliche chemische Veränderungen zu erleiden, unmittelbar von den Blutcapillaren des Magens und Darms aufgenommen? Zunächst stossen wir unter diesen auf eine Anzahl neutraler Alkalisalze, deren Säure nicht Verbindungen mit andern Materien des Darminhalts einzugehen geneigt ist; ferner gehören hieher Säuren, organische sowohl als mineralische; drittens die flüchtigen Halidbasen und ihre Hydrate (Aethere und Alkohole), viertens die meisten flüchtigen Oele; fünftens viele Alkaloïde, flüchtige wie nicht flüchtige, und endlich eine Anzahl chemisch noch nicht genau untersuchter Pigmente.

Gemeinschaftliche Grundverhältnisse der durch die Blutgefässe resorbirbaren Substanzen.

Es ist schwer, ja für jetzt geradezu unmöglich, in diesen verschiedenartigen Stoffen gewisse gemeinschaftliche Grundverhältnisse zu entdecken, von denen ihre leichte Resorptionsfähigkeit durch die Blutgefässe abhängig gedacht werden könnte. Dass die blosse Löslichkeit an sich nicht die Resorbirbarkeit derselben bedingt, geht schon daraus hervor, dass gewisse sehr lösliche Stoffe z. B. Gummi, Curcumaepigment u. dergl. überhaupt nicht resorbirt werden. Das Diffusionsvermögen

jener Substanzen ist leider noch so wenig genau bestimmt oder überhaupt untersucht, dass wir über die betreffenden Verhältnisse fast noch gar kein Urtheil haben. Indessen lässt sich immerhin soviel übersehen, dass gerade diejenigen Substanzen, die man bisher als sehr diffusibel kennen gelernt hat, durch die Blutcapillaren resorbirt werden, während diejenigen, deren Diffusionsvermögen erwiesenermaassen gering ist, den Weg durch die Lymphgefässe zu wählen pflegen.

Verdauung der Kohlenhydrate.

Wir ziehen bei dem Mangel fester physikalischer Principien die Verdauungsobjecte ihren chemischen Kategorien nach in Betracht und beginnen mit den sog. Kohlenhydraten.

Verdauung des Krümelzuckers.

Unter den Kohlenhydraten, welche hier in Frage kommen, steht der Krümelzucker obenan, theils weil er sich in sehr vielen Nahrungsmitteln praeformirt findet, theils weil andere Kohlenhydrate meist erst in diesen verwandelt werden, ehe sie zur Resorption gelangen oder weitern Umwandlungen unterliegen.

Schnelle Verbreitung des Zuckers im Darme.

Wird Zucker in grösseren Mengen durch die Mundhöhle in den Verdauungscanal gebracht, so verbreitet er sich, wie directe Versuche erweisen, sehr bald (schon innerhalb einer Stunde) über grössere Strecken desselben, meist bis ins Coecum; man findet dann (ungefähr 1 Stunde nach Aufnahme des Zuckers) im Dünndarme eine dünne, oft ganz limpide Zuckerlösung, die je nach dem Concentrationsgrade der Lösung früher oder später aus dem Darme verschwindet.

Die Resorption des Zuckers geht nur langsam von Statten.

Im Allgemeinen geschieht die Resorption des Zuckers nur sehr allmälig; wir finden daher nur selten im Chylus und im Pfortaderblute nachweisbare Mengen resorbirten Zuckers. Indessen steht die Grösse der Resorption nicht in directem Verhältnisse zur Grösse des Zuckerverbrauchs im Blute; denn nach reichlicher Aufnahme von Zucker kann die Menge desselben im Blute bis auf 0,6 % steigen und es wird dann der Ueberschuss durch die Nieren mit dem Harn ausgeschieden.

Ein Theil des Zuckers wird im Darme in Milchsäure und Buttersäure verwandelt.

Aus der Vermehrung des Zuckergehalts des Bluts nach Zuckergenuss geht schon hervor, dass der grösste Theil des Krümelzuckers unverändert resorbirt wird; indessen wird ein Bruchtheil des aufgenommenen Zuckers immer in Säuren umgewandelt. Nach Zuckergenuss reagirt der Inhalt des Duodenums und Jejunums ziemlich stark sauer, weniger der des Ileums; die saure Reaction rührt von gebildeter Milchsäure her; stark sauer reagirt dann wieder der Coecalinhalt, in diesem findet sich aber neben wenig Milchsäure viel Buttersäure. Im Dünndarm muss die Milchsäuregährung durch Galle oder pankreatischen Saft bedingt werden, nicht aber durch Darmsaft oder Darmschleim; denn in entleerte und gereinigte Darmschlingen gebrachte Zuckerlösung wird von dort aus resorbirt, ohne dass je das Eintreten saurer Reaction beobachtet wird.

Der grösste Theil des Zuckers wird durch die Blutgefässe,

Dass der Krümelzucker hauptsächlich und grösstentheils durch die Darmcapillaren resorbirt wird, ist schon aus seiner schnellen Vermehrung im Blute (1½ bis 2 St. nach Aufnahme des Zuckers) zu schliessen;

der geringere durch die Chylusgefässe resorbirt.

allein der Zugang zu den Chylusgefässen ist dem Zucker nicht verschlossen; wenigstens findet man nach Aufnahme grösserer Mengen Zucker immer geringe Mengen im Chylus.

Gesetze der Resorption des Zuckers.

Nach welchen Gesetzen erfolgt nun die Resorption des Zuckers im Darme? Zur Beantwortung dieser Frage ist zunächst daran zu erinnern, dass das Diffusionsbestreben des Zuckers ungefähr um die Hälfte geringer ist, als das des Chlornatriums, so dass wenn 58,7 Th. Chlornatrium diffundiren, unter gleichen Verhältnissen nur 26,6 Th. Zucker der Diffusion unterliegen. Im Endosmometer treten an die Stelle eines Gewichtstheils Zuckers 7 Gewichtstheile Wasser; nach Vergleichs-Untersuchungen mit Chlornatrium und Schwefelsäurehydrat stellt sich heraus, dass das endosmotische Aequivalent des Zuckers noch einmal so gross wie das des Chlornatriums und 20mal grösser ist als das des Schwefelsäurehydrats. Folgt die Resorption Diffusionsgesetzen, so wird demnach der Zucker noch einmal so langsam als Chlornatrium und 20 mal langsamer als Schwefelsäurehydrat resorbirt.

Sorgfältige an Thieren angestellte Versuche haben zu folgenden Resultaten betreffs der Zuckerresorption geführt.

Unabhängigkeit der Menge resorbirten Zuckers von dem Flächeninhalte des Darms.

Schliesst man Zuckerlösungen in unterbundene Darmschlingen lebender Thiere ein, so zeigt sich die Menge des in bestimmten Zeiten absorbirten Zuckers durchaus unabhängig von der Länge der Darmschlinge oder dem Quadratinhalte der absorbirenden Fläche; nur wenn die unterbundene und concentrirte Zuckerlösung enthaltende Darmschlinge so kurz ist, dass sie eine dem endosmotischen Aequivalent des Zuckers entsprechende Wassermenge nicht aufzunehmen vermag, erleidet diese Regel eine Ausnahme (*v. Becker*).

Je concentrirter die Zuckerlösung im Darm, desto mehr wird in gleichen Zeiträumen resorbirt.

Die Absorption der Zuckerlösung steht in directem Verhältniss zu ihrer Concentration d. h. also je concentrirter die Lösung ist, eine desto grössere Zuckermenge wird in gleichen Zeiten resorbirt. Man findet nämlich, dass bei je gleich grossen Mengen injicirter Zuckerlösung von gleicher Concentration in den ersten Zeiträumen am meisten Zucker aus den Schlingen verschwindet, in den spätern immer weniger. Ganz den endosmotischen Erfahrungen entsprechend sieht man die eine concentrirte Zuckerlösung enthaltene Darmschlinge sich durch Wasseraufsaugung aufblähen; eine der Wasseraufnahme entsprechende Zuckermenge tritt ins Blut, bis aller Zucker aus der Schlinge verschwunden (*v. Becker*).

Diese Erfahrungen stehen im Einklang mit den Gesetzen der Endosmose.

Aus dem endosmotischen Gesetz ist aber ersichtlich, warum die Grösse der Darmschlinge (wenn sie nicht eine gewisse Kürze unterschreitet) sich ohne Einfluss auf die Zuckerabsorption zeigt. Ist die Schlinge gross genug, um die Aequivalentmenge des Wassers eintreten zu lassen, so muss immer nur die dieser entsprechende Zuckermenge heraustreten, mag die Schlinge auch noch so gross sein. Da die Menge des eintretenden Wassers vom Zuckergehalte der injicirten Lösung

abhängig ist, so musste sich bei gleicher Concentration der Lösung die Absorption selbst in den Schlingen verschiedenster Grösse völlig gleich bleiben (*v. Becker*).

Die oben erwähnten Thatsachen, wornach der Zucker vom Darme aus, wo er meist in sehr diluirter Lösung bei normalen Verhältnissen enthalten ist, nur langsam resorbirt wird, seine schnelle Verbreitung über den ganzen Dünndarm u. s. w. finden in den erwähnten Resultaten jener Versuche ihre physikalische Erklärung.

Wie viel Zucker kann innerhalb einer bestimmten Zeit von einem Thiere resorbirt werden?

Aus jenen Gesetzen geht zugleich hervor, weshalb eine für die Physiologie des quantitativen Stoffwechsels höchst wichtige Frage nicht leicht exact beantwortet werden kann. Will man nämlich erfahren, wie viel ein Thier innerhalb bestimmter Zeiten Zucker vom Darme aus zu resorbiren im Stande sei, so wird das Resultat der darauf bezüglichen Versuche immer abhängig sein von der Concentration der in den Darm gelangten Zuckerlösung. Bringt man eine höchst verdünnte Zuckerlösung ein, so wird die Resorption langsamer erfolgen, als unter normalen Verhältnissen; bringt man dagegen eine concentrirtere in den Darm, so wird dem Blute eine sehr grosse Wassermenge entzogen, der Darm füllt sich strotzend mit wässriger Flüssigkeit an, so dass der Unterleib aufgetrieben, heftige Athembeschwerden und oft der Tod herbeigeführt wird.

Boussingault sah bei Enten innerhalb einer Stunde durchschnittlich 5,62 grm. Zucker (eigentlich 5,26 grm. Amylon) zur Resorption gelangen.

Rohrzucker.

Rohrzucker wird schon vor seiner Resorption zum grössten Theil in Krümelzucker verwandelt; nach reichlicher Aufnahme von Rohrzucker findet man einen Theil desselben höchstens noch bis zur Mitte des Jejunum unverändert (eine neuerdings von *Busch* bestätigte Thatsache). Da weder Speichel noch Magensaft (nach mehrfachen Versuchen z. B. denen von *Frerichs* und *Hoppe*), noch Darmsaft (*Busch*) diese Umwandlung hervorzubringen vermögen, so dürfte sie wohl durch andere in Umsetzung begriffene Bestandtheile des Darminhalts bedingt werden.

Da übrigens Rohrzucker, ins Blut injicirt, unverändert in den Harn übergeht (wie *Kersting* schon im Jahre 1840 lange vor den ähnlichen Versuchen französischer Forscher dargethan hat), so muss die Umwandlung dieses Stoffes in Krümelzucker wohl schon im Darme vor sich gehen.

Milchzucker.

Milchzucker durcheilt wie Krümelzucker sehr schnell den ganzen Dünndarm, ist eine Stunde nach seiner Aufnahme noch bis zum Blinddarme hin zu verfolgen, hinterlässt aber gleich Krümel- und Rohrzucker im Jejunum und Ileum eine intensiv saure Reaction, die erst in der dritten oder vierten Stunde nach Aufnahme des Zuckers wieder aus dem Darme verschwindet.

Stärkmehl.

Das Stärkmehl wird, weil es unlöslich ist, nicht als solches resorbirt; in der Mundhöhle wird es je nach der Intensität der Kaubewegungen, seiner Trockenheit und andern Verhältnissen mit mehr oder weniger Speichel impraegnirt; so kräftig auch normaler Speichel auf

Allmälige Umwandlung desselben in Zucker durch

Umsetzung gekochten Stärkmehls in Zucker hinwirkt (vergl. S. 253 f.), so kann sein Einfluss auf das rohe Stärkmehl bei der geringen Dauer des Verweilens jedes einzelnen Bissens in der Mundhöhle doch nur ein geringer sein. Bei dem längern Verweilen der Nahrungsmittel im Pansen wiederkäuender Thiere, bei der dauernden Einwirkung immer neu zugeführter Mengen Speichel wird dagegen allerdings ein grosser Theil des in den Nahrungsmitteln enthaltenen Stärkmehls metamorphosirt; dasselbe dürfte im Kropfe der Vögel der Fall sein. Bei allen andern Thieren gelangt der grösste Theil des Stärkmehls unverändert in den Magen, wo durch den Magensaft die fernere Einwirkung des Speichels auf das Amylon in gewissem Grade verringert wird. Nach verschieden langem Verweilen im Magen gelangt dieser Stoff ins Duodenum, wo er mit dem kräftig einwirkenden pankreatischen Safte in Berührung gebracht und der Anfang zu seiner Umsetzung gemacht wird. Gegen das Ileum hin verschwindet der Bauchspeichel und seine Stelle wird durch den etwas schwächer einwirkenden Darmsaft vertreten.

Speichel,

pankreatischen Saft,

und Darmsaft.

Die Umsetzung des Stärkmehls in Zucker erfolgt allmälig; die Stärkmehlkügelchen werden von der Oberfläche her erweicht und zu Dextrin und Zucker aufgelöst; einzelne Lamellen der Kügelchen sondern sich ab, zerreissen und sind oft in einzelnen Fetzen durch das Mikroskop zu erkennen (s. S. 271 Fig. 49). Je weiter hinab das Stärkmehl vom Jejunum ins Ileum tritt, desto kleiner erscheinen seine Körnchen in Folge der erwähnten Auflösung und Ablösung von ihrer Oberfläche her.

Das bei Pflanzenfressern so stark ausgebildete, mit eigenthümlichen Drüsen (namentlich im Processus vermiformis) versehene Coecum lässt den Gedanken aufkommen, dass hier noch ein neues Ferment umwandelnd auf das Stärkmehl einwirkt; allein mit Bestimmtheit nachgewiesen ist dasselbe noch nicht. Bildung von freier Säure und zwar von Buttersäure hat man längst im Coecum beobachtet (*Frerichs*); Zuckerlösung in das Coecum injicirt sah man sehr schnell saure Reaction annehmen (*Funke*).

Dextrin.

Dextrin, das nächste Umwandlungsproduct des Stärkmehls, findet sich nur in geringen Mengen im Darm und wird wohl schnell in Zucker umgewandelt.

Inulin.

Inulin scheint sich beim Verdauungsprocesse ganz wie Amylon zu verhalten.

Gummi, sehr schwer resorbirbar.

Gummi wird bei den verschiedensten Gährungsprocessen gar nicht oder nur in höchst geringen Mengen umgewandelt und ebensowenig bei künstlichen Versuchen durch die Verdauungssäfte. Es könnte also nur unverändert resorbirt werden. *Busch* fand nach Aufnahme von Gummi durch den Mund nur sehr wenig desselben bis zum obern Drittel des Dünndarms resorbirt.

Das Diffusionsvermögen des Gummis ist directen Versuchen zufolge um die Hälfte geringer als das des Zuckers. Es durchdringt thierische

Membranen bei weitem schwieriger als viele andere Substanzen und namentlich als Zucker. Darum ist es nicht zu verwundern, wenn alle directen an Thieren damit angestellten Versuche das Ergebniss geliefert haben, dass der grösste Theil durch die Mundhöhle aufgenommenen Gummis unverändert durch das Rectum wieder abgeht, und nur ein sehr geringer Theil zur Resorption gelangt.

Pflanzenschleim. Pflanzenschleim und Pectin verhalten sich im Verdauungsprocesse ähnlich dem Gummi.

Cellulose. Die Cellulose ist ein in den gewöhnlichen chemischen Lösungsmitteln und in allen bekannten Verdauungssäften unlöslicher Körper; man hält ihn daher auch für der Verdauung unzugänglich; indessen ist nicht ganz zu übersehen, dass gewisse chemische und anatomische Thatsachen eine Umwandlung der Cellulose in Zucker bei gewissen Thieren z. B. beim Biber, bei Raupen u. s. w. gerade nicht unmöglich erscheinen lassen. Verdünnte Alkalien corrodiren die Cellulosezellen, eine Fermentsubstanz faulender Kartoffeln zerstört sie. Der Biber, dessen Magen und Darm von Holzstücken erfüllt zu sein pflegt, besitzt sehr entwickelte Speicheldrüsen, eine grosse Magendrüse und ein enormes Pankreas; die Raupen haben sehr entwickelte Speichelorgane.

Die zarten Häutchen von Cellulose, die in den jüngern Pflanzenzellen enthalten sind, scheinen im Darme von Pflanzenfressern aufgelöst zu werden (*Frerichs, Mulder, Donders*).

Verdauung der Fette. Der Weg, welchen die Fette einschlagen, um ins Blut zu gelangen, lässt sich grossentheils durch das Mikroskop verfolgen. In der Mund- und Magenhöhle erleiden die Fette keine sichtlichen Veränderungen; auch bei künstlichen Versuchen zeigen sich Speichel und Magensaft ohne allen Einfluss auf diese Körper. Fettgewebe löst sich im Magen in grosse Fetttropfen auf, indem das Bindegewebe desselben und die Hüllenmembranen der Fettzellen verdaut werden. Erst im Duodenum finden wir gewöhnlich das Fett nicht mehr in grössern Tropfen oder halbflüssigen Massen; je tiefer wir im Darmcanal hinabsteigen, desto feiner finden wir das Fett vertheilt. Diess hängt wohl damit zusammen, dass je tiefer wir im Dünndarm herabgehen, wir desto merklicher alkalische Reaction hervortreten sehen. Nach *Busch's* Beobachtungen scheint aber die alkalische Reaction des Dünndarminhalts eine wesentliche Bedingung zur feinsten Emulsionirung des Fetts zu sein. Dass das Fett seinen Weg durch die Darmzotten hauptsächlich zu den Chylusgefässen hinnimmt, zeigt die mikroskopische Anschauung. Schon in den die Zotten überziehenden Cylinderepithelien erkennen wir aufgesogenes Fett, bald erfüllt sich auch das schwammartige Parenchym der Zotten theils mit hellen, stark lichtbrechenden Blasen, theils mit granulöser Materie (fein vertheilten Fettkörperchen). Die Chylusgefässe werden glänzend milchweiss und der Chylus ist sehr trüb von fein vertheiltem Fett.

Resorption durch die Chylusgefässe und durch die Blutgefässe. Indessen sind die Chylusgefässe nicht der einzige Weg, auf welchem

das Fett ins Blut gelangt; in den Blutcapillaren der Zotten lassen sich nach reichlichem Fettgenuss Fettkörnchen zwischen den Blutkörperchen derselben mikroskopisch erkennen (*Bruch*): auch findet man dann das Pfortaderblut weit fettreicher als gewöhnlich.

Galle bedingt die Resorbirbarkeit der Fette.

Für das Fett giebt es also sicherlich keine specifischen Scheidemembranen, und doch blieb es bis auf die neueste Zeit räthselhaft, nach welchen physikalischen Gesetzen eigentlich der Durchtritt des in Wasser unlöslichen Fetts durch die wässrigfeuchten Membranen bewerkstelligt werde. Wir haben schon früher (S. 262. 266) gesehen, dass nicht der pankreatische Saft, sondern die Galle es ist, welche die Möglichkeit herbeiführt, dass das Fett durch jene feuchten Membranen hindurchzudringen vermag. Durch Seifenlösung oder Galle erlangen einigen Versuchen zufolge (*v. Wistinghausen*) thierische Membranen die Fähigkeit, auch ohne Anwendung äusseren Drucks Fett durch sich hindurchtreten zu lassen. Da nun bei Thieren, denen die Galle durch eine Fistel nach aussen abgeleitet wurde, nur äusserst wenig Fett zur Resorption gelangt, so kann kein Zweifel mehr darüber obwalten, dass die Galle es ist, welche die Resorption der Fette bedingt, wenn auch die betreffenden Adhaesionsgesetze noch nicht völlig ermittelt sind.

Dass die Contraction der Zotten und damit zusammenhängende mechanische Verhältnisse zur Beförderung der Fettresorption mitwirken, hat besonders *Brücke* nachgewiesen.

Verdauung der Proteïnkörper, leimartiger Substanzen und einiger Gifte.

Die der Proteïngruppe angehörigen Körper und ihre nähern Abkömmlinge, z. B. Glutin und Chondrin, so wie auch mehrere diesen ähnliche Substanzen, z. B. Emulsin, das Gift der Vipern, (*Mangili, Steevens*), Curarin (*Boussingault* und *Roulin, Bernard*) und jene Gifte, welche aus ansteckenden Krankheiten, wie der Hundswuth (*Coindet*), dem acuten Rotz, Typhus, Lungensucht, Milzbrand hervorgehen (*Renault*), sind, wenn sie auch in Wasser gelöst sind, der Resorption nur wenig fähig; so ist z. B. das Diffusionsvermögen des löslichen Albumins 8½ mal geringer als das des Zuckers und 19mal geringer als das des Chlornatriums; von dem löslichen Albumin so wie von mehrern andern der oben angeführten Stoffe z. B. dem Emulsin und Curarin behauptet man geradezu, dass sie der Endosmose unfähig seien. Wenn diese Unfähigkeit aber auch keine absolute sein dürfte, so beweisen doch die wenig genauen vorliegenden Versuche, dass diese physikalischen Erfahrungen mit den physiologischen Wahrnehmungen im Einklange stehen, wornach diese Substanzen erst gewissen Umwandlungen durch besondere Verdauungssäfte unterliegen, ehe sie zur Resorption gelangen.

Daher werden sie durch gewisse Verdauungssäfte modificirt.

Durch den Magensaft werden lösliche wie unlösliche Proteïnkörper in Materien umgewandelt, die, obwohl der elementaren Zusammensetzung nach ihren Muttersubstanzen gleich, doch durch ihre grosse Löslichkeit in Wasser, ihre leichte Filtrirbarkeit, ihren Mangel an Coagulirbarkeit und durch einige andere Eigenschaften sich wesentlich von denselben unterscheiden. Der auffallendste und für die Beurtheilung

des Verdauungsprocesses wichtigste Unterschied ist aber der, dass die Peptone sehr diffussible Substanzen sind, während die Albuminate und darunter besonders das Albumin endosmotischen Strömungen nur in sehr geringem Grade zugänglich ist.

Albuminate

Nachdem die Thatsache früher namentlich auch durch *v. Becker* völlig ausser Zweifel gesetzt war, hat *Funke* noch durch einige Versuchsreihen dargethan, dass das sog. endosmotische Aequivalent des Albuminpeptonkalks ungefähr zehnmal geringer als das des Albumins und die Diffusionsgeschwindigkeit des Peptons demnach weit bedeutender als die der Muttersubstanz ist.

Diese Umwandlungsproducte der Proteïnkörper sind die Peptone und Parapeptone (s. oben S. 187f.). Die leimgebenden Materien werden durch den Magensaft in eine leimartige nicht gelatinirende Materie umgewandelt.

bilden Peptone.

Das Emulsin wird ebenfalls schon in den ersten Wegen vollkommen metamorphosirt; denn, ins Blut resorbirt, übt es auf Amygdalin keine zersetzende Wirkung mehr aus: das Curarin wie die übrigen eben erwähnten Gifte werden durch die Verdauungssäfte verändert; denn sonst würden sie vom Darme aus ebenso giftig wirken, als wenn sie direct ins Blut gebracht werden.

Nur von den Proteïnkörpern und leimgebenden Substanzen wissen wir, dass es vorzugsweise der Magensaft ist, welcher die betreffenden Umwandlungen bedingt; in wieweit derselbe auch auf die weiter genannten Stoffe einwirkt, ist noch völlig unbekannt. Die secernirte Menge des Magensaftes ist aber gewöhnlich nicht ausreichend, um das zur Ernährung des Körpers nöthige Material an Proteïn in erwähnter Weise zu lösen und zu modificiren; daher sehen wir aus dem Magen in den Dünndarm noch eine Menge unverdauter albuminöser Substanzen übergehen, die erst weiterer Umwandlung durch den Darmsaft (*Bidder* und *Schmidt*) und zum Theil auch durch den pankreatischen Saft (*G. Meissner*) so wie überhaupt durch alkalischen Dünndarminhalt (*Busch*) (siehe S. 266 ff.) anheimfallen. Im Dickdarm scheint den bisherigen Beobachtungen zufolge keine Einwirkung auf die dorthin noch gelangenden Proteïnkörper statt zu finden.

Die Umwandlung geschieht durch den Magensaft,

Bauchspeichel und Darmsaft.

Caseïn wird im Magen in Flocken praecipitirt und dann erst allmälig wieder gelöst, jedoch pflegt nach Aufnahme grössrer Mengen Milch ein Theil desselben uncoagulirt in den Dünndarm überzutreten (*Busch*). Lösliches Albumin dagegen wird nicht erst in coagulirtes verwandelt; dasselbe wird bei künstlichen Versuchen unmittelbar in Pepton übergeführt; allein ein Theil desselben pflegt noch als coagulables Eiweiss in den Dünndarm überzugehen (*Busch*).

In einem Versuche von *Busch* waren vom aufgenommenen Albumin bis zum ersten Drittel des Dünndarm ungefähr $^5/_8$ des coagulablen Albumins verschwunden.

Da wir im Chylus immer eiweissartige, coagulable Materie finden, so scheint die Regeneration des Albumins aus den entsprechenden Pep-

Regeneration des Albumins im Chylus.

tonen schon in den Anfängen der Chylusgefässe oder vielleicht in den Mesenterialdrüsen vor sich zu gehen; denn im Chylus des Ductus thoracicus sind sie nicht mehr mit Bestimmtheit nachzuweisen.

Auch die Blutgefässe absorbiren Proteïnkörper.

So wie die Fette nicht einzig und allein durch die Chylusgefässe ins Blut gelangen, so dürften auch die Proteïnkörper nicht bloss diesen Weg zum Blute wählen, sondern wenigstens zum Theil auch direct von den Zottencapillaren aufgenommen werden; denn ist auch z. B. lösliches Albumin obigen physikalischen Erfahrungen nach wenig transsudabel, so sind die thierischen Häute und zwar insbesondere die der Darmcapillaren für das unveränderte Albumin doch keineswegs undurchgängig; denn spritzt man z. B. in eine sorgfältig unterbundene Darmschlinge Wasser, so findet man bei Vermeidung aller Entzündungserscheinungen nach einigen Stunden doch Albuminlösung in dem Inhalte der Schlinge. Wir dürfen also auch in dieser Beziehung nicht an absolute Scheidewände in den Darmzotten glauben.

Dass schon vom Magen aus eine Resorption der Peptone statt findet, ist mindestens sehr wahrscheinlich (*Frerichs*, *Donders*); ist diess der Fall, so würde der unmittelbare Uebergang dieser Stoffe in die Blutbahnen um so wahrscheinlicher.

Extensität des Verdauungsprocesses.

Für die spätere Betrachtung der quantitativen Verhältnisse des thierischen Stoffwechsels so wie zur Uebersicht über die Extensität des Verdauungsprocesses ist es wichtig zu erfahren, in welchen Mengen die einzelnen Verdauungssäfte abgesondert zu werden pflegen. Die darauf bezüglichen Versuche sind natürlich an Thieren, namentlich an Hunden und Katzen, angestellt worden. Ist es gestattet, aus solchen Versuchen auf die Absonderungsgrösse der Verdauungsmittel beim Menschen zu schliessen, so gelangt man zu überraschend grossen Zahlen. Es würde darnach ein Mensch von ungefähr 64 Klgrm. Körpergewicht in 24 Stunden 1,6 Klgrm. Speichel (worin 15 grm. feste Substanzen), 1,6 Klgrm. Galle (mit 80 grm. fester Substanz), 6,4 Klgrm. Magensaft (mit 192 grm. f. S.), 0,2 Klgrm. pankreatischen Saft (mit 20 grm. f. S.) und 0,2 Klgrm. Darmsaft (mit etwa 3 grm. f. S.) absondern. Die Flüssigkeitsmenge, welche innerhalb 24 Stunden in den Darm gelangt, ist also bei weitem grösser als die Menge Blut, welche nach neuern Bestimmungen im Körper eines Erwachsenen enthalten ist. Diese Flüssigkeitsmasse, welche im Ganzen nur 310 grm. fester Bestandtheile enthält, ist daher vorzüglich dazu geeignet, die Auslaugung der aufgenommenen Speisen zu vollführen (*Bidder* und *Schmidt*).

Mengen der abgesonderten Verdauungssäfte.

Je nach der Art der Nahrungsmittel ist aber auch die Menge der abgesonderten Verdauungssäfte verschieden. In *Busch's* sehr sorgfältigen Beobachtungen sah man animalische Stoffe von einer weit grössern Menge Verdauungssäften begleitet im Jejunum erscheinen, als vegetabilische; ein weit grösserer Erguss von Verdauungsflüssigkeiten folgte aber der Aufnahme von Fett. Nach *Busch's* Berechnungen betragen die in

den obern Theil des Darmcanals ergossenen Flüssigkeiten in 24 St. $^1/_{17}$ des Körpergewichts. Den festen Rückstand der Verdauungssäfte im Dünndarm fand *Busch* geringer als *Bidder* und *Schmidt*, nämlich = 2,48 % durchschnittlich.

Mengen der absorbirten Nährstoffe. Weit weniger zahlreich und deshalb noch weit unzuverlässiger sind die Versuche, welche man über die Mengen der Nährstoffe angestellt hat, die ein Organismus im Stande ist, innerhalb einer bestimmten Zeit vom Darme aus aufzunehmen. Ein Mensch würde darnach innerhalb 1 Stunde etwa zu resorbiren im Stande sein: 430 grm. Zucker, 45 grm. Fett und 100 grm. Proteïnsubstanz.

Verdaulichkeit der Nahrungsmittel. Das Wort Verdaulichkeit ist gewöhnlich in medicinisch-vulgärem Sinne aufgefasst worden, indem man unter leicht verdaulichen Speisen solche verstand, welche selbst bei geschwächten Verdauungsorganen keine merkbaren Beschwerden verursachten. Wissenschaftlich schärfer fasst man diesen Begriff, wenn man darunter die Leichtigkeit versteht, mit welcher die Verdauungssäfte einen Nahrungsstoff zur Resorption vorbereiten, oder die Kürze der Zeit, nach welcher der fragliche Stoff zur Resorption gelangt. **Die Resultate der betreffenden Versuche sind ebenso vag als der Begriff selbst.** Die meisten Versuche, welche man früher zur Ermittlung dieses Gegenstandes ausgeführt hat, sind nicht maassgebend, theils weil man gewöhnlich mit zusammengesetzten Nahrungsmitteln operirte, theils weil man dabei lediglich die Magenverdauung berücksichtigte und die Verdaulichkeit einer Substanz nur nach deren Verschwinden aus dem Magen beurtheilte, während, wie wir oben gesehen (S. 363), selbst normaler Weise ziemlich grosse Quantitäten albuminöser Substanzen den Magen unverdaut verlassen.

Streng wissenschaftliche, sich an die oben festgestellten Verdauungslehren anschliessende, Untersuchungen besitzen wir noch nicht. Man muss sich auch jetzt noch auf die Beobachtungen beschränken, die man an mit künstlichen Magenfisteln versehenen Hunden gemacht hat. (*Bidder* und *Schmidt*, *Buchheim*, *v. Schröder*). Die Verdaulichkeit der Nährstoffe, selbst der einfachern, ist aber so relativ, dass man noch gar nicht zur Feststellung allgemeinerer Regeln gelangt ist. Denn so ist z. B. die Zeit, während welcher gewisse Nahrungsmittel im Magen verweilen, ganz abgesehen von der individuellen Intensität der Verdauung, ausserordentlich abhängig von der Menge der gleichzeitig in den Magen gebrachten Substanz (grosse Mengen selbst sehr leicht verdaulicher Substanzen verweilen viel länger im Magen als kleinere), von dem Grade der Zerkleinerung oder feinen Vertheilung, von der Aggregatform (Zellgewebe wird viel schneller gelöst als sehnige Häute, gekochte Proteïnkörper schwerer als nicht gekochte, gekochte Pflanzensubstanzen leichter als nicht gekochte, klumpig geronnenes Caseïn schwerer als flockig geronnenes u. s. w.). Wir übergehen daher hier alle näheren Angaben, da sie zu sehr unter einander differiren, als

dass sich einzelne allgemeinere Sätze mit Bestimmtheit feststellen liessen.

Nur *Busch's* Beobachtungen an einer im obern Drittel des Dünndarms befindlichen Fistel machen in gewisser Beziehung hiervon eine Ausnahme. *Busch* sah schon 15 bis 30 Minuten nach der Aufnahme Fleisch, Eier und Gemüse im Dünndarm erscheinen und höchstens nach 3 bis 4 Stunden bereits daraus wieder verschwunden, so dass also wohl gewöhnlich die Speisen unter normalen Verhältnissen nicht so lange im Magen verweilen, als man aus frühern Beobachtungen an Magenfisteln schliessen zu dürfen geglaubt hat. Nach *Busch's* Beobachtungen sind Fleischspeisen viel verdaulicher als Eier, und Mohrrüben z. B. leichter verdaulich, als Kartoffeln und Kohl.

Respiration.

Der Respirationsprocess beruht im Wesentlichen auf einem Austausch gewisser gasförmiger Stoffe, welcher in besondern Organen, Lungen, Kiemen oder Tracheen, zwischen Blut und atmosphaerischer Luft statt findet. Zur Beurtheilung dieses Austausches dürfte vor Allem die Kenntniss des Gehalts des Blutes und der Luft an den auszutauschenden Gasen erforderlich sein. Die Zusammensetzung der atmosphaerischen Luft ist bekannt, aber nicht so genau kennen wir den jeweiligen Gehalt des Blutes an Gasen (vergl. S. 214 ff.). Wir sind also mehr darauf angewiesen, die Veränderungen zu erforschen, welche die atmosphaerische Luft durch die Respiration erleidet. Diese Veränderungen stehen aber wiederum in bestimmten Beziehungen zu den mechanischen Bedingungen der Respiration. Es findet nämlich an den Oberflächen, in welchen das Blut mit der Atmosphaere in nächste Berührung kommt, ein fortwährender Luftwechsel statt, bedingt durch gewisse physikalische Bewegungsmittel. Ein Theil dieser Bewegung wird mittelst Muskelwirkung und der Action elastischer Gewebe durch Erweiterung und Verengerung der in Lungen oder Tracheen befindlichen Hohlräume bewerkstelligt, ein anderer und gewöhnlich der grössere Theil geschieht durch einfache Diffusion. Veränderungen dieser äussern Bedingungen ziehen auch Modificationen in den Erfolgen des Respirationsprocesses nach sich; die Ermittlung ihres Einflusses muss eines der ersten Untersuchungsobjecte dieses Processes sein. Indessen wird immer die Constitution des Blutes d. h. dessen Gehalt an Gasen wesentlich auf die quantitativen Verhältnisse jenes Gasaustausches hinwirken. Da wir aber gerade den jeweiligen Gehalt des Blutes an Gasen niemals genau bestimmen können, so müssen wir zur vollständigern Erkenntniss des Respirationsprocesses auf die entferntern Bedingungen desselben, auf die sog. physiologischen Zustände des Organismus zurückgehen, welche gleichzei-

Begriffsbestimmung.

Bedingungen des Gaswechsels im thierischen Organismus.

tig auch in Folge des Nerveneinflusses und durch diesen bedingter Muskelaction auf die mechanischen Bedingungen modificirend einwirken.

Methoden der Respirationsversuche.

Ehe wir jedoch den causalen Zusammenhang der Modificationen des Gaswechsels mit den einzelnen Bedingungen in nähere Erörterung ziehen, seien hier kurz die Methoden angedeutet, nach denen man sich das Untersuchungsmaterial zu verschaffen gesucht hat. Die einfachste Methode besteht darin, dass in einen mit einer tropfbaren Flüssigkeit gefüllten Raum die Exspirationsluft unmittelbar vom Munde aus so eingeleitet wird, dass jene Flüssigkeit mit Leichtigkeit dem eintretenden Gase ausweicht (*Dumas*, *Prout*, *Andral* u. *Gavarret*, *Valentin*, *Vierordt*).

Eine zweite und zwar bisher am häufigsten ausgeführte Methode beruht darauf, dass der Mensch oder das Thier in einen abgeschlossenen Raum gebracht wird, zu welchem fortwährend frische Luft zugeleitet, die austretende aber zur Analyse gesammelt wird.

Bei Menschen ist diese Methode nur von *Scharling* und *Hannover* versucht worden.

Zu gewissen Versuchen liess man Thiere in einem völlig abgeschlossenen Raume eine Zeit lang athmen und untersuchte dann die darin enthaltene Luft (*Valentin*, *Erlach*). Diese Methode ist in jüngster Zeit von *W. Müller* in einer zur Beantwortung vieler Fragen höchst vortheilhaften Weise dahin modificirt worden, dass die Thiere nicht selbst in den Athmungsraum gebracht wurden, sondern dass nach Ausführung der Tracheotomie an denselben eine Canüle in deren Trachea befestigt, diese mit einer andern sich gabelförmig spaltenden Röhre in Verbindung gesetzt und die letztere mit einem Athmungsraume verbunden wurde, in welchem der Luftdruck sehr wenig vom atmosphaerischen abwich. Die gabelförmige Theilung der zweiterwähnten Röhre geschah, um mittelst entsprechender Ventilirung derselben durch die eine beim Athmen des Thiers Luft zuzuführen und durch die andre die Exspirationsluft abzuleiten.

Endlich wendete man auch einen Apparat an, in welchem die vom athmenden Thiere exhalirte Kohlensäure fortwährend absorbirt wurde, während eine der verschwundenen Sauerstoffmenge entsprechende Quantität desselben zugeleitet wurde (*Regnault* und *Reiset*).

Allgemeine Ergebnisse derselben.

Die allgemeinsten Ergebnisse, zu welchen die nach verschieden modificirten Methoden angestellten Versuche geführt haben, sind zunächst folgende:

Kohlensäure, Wasser und etwas Stickstoff wird exspirirt.

Das Blut giebt an die inspirirte Luft Kohlensäure und Wassergas ab und nimmt aus derselben Sauerstoff auf; gewöhnlich geht auch ein sehr kleiner Theil Stickstoff aus dem Blute in die Athmungsluft über, doch findet unter eigenthümlichen Verhältnissen auch das Gegentheil statt (*Boussingault*, *Regnault* u. *Reiset*, *W. Müller*).

Verhältniss von Kohlensäure u. Sauerstoff.

Das Verhältniss zwischen inspirirtem Sauerstoff und exhalirter Kohlensäure ist nicht constant dasselbe; in gewissen Grenzen finden sehr erhebliche Schwankungen statt. Unter normalen

Verhältnissen wird weit mehr Sauerstoff absorbirt, als in der exspirirten Kohlensäure enthalten ist (*Marchand*, *Brunner*, *Valentin*, *v. Erlach*). Durchschnittlich werden etwa auf 1 Vol. absorbirten Sauerstoffs 0,85 Vol. Kohlensäure exhalirt.

Exspirirte Luft voluminöser als inspirirte. Das Volumen der exspirirten Luft ist immer bedeutender, als das der inspirirten, theils da die Exspirationsluft auf 36,2 bis 37,5° erwärmt ist, theils weil sie gewöhnlich mit Wassergas gesättigt ist.

Stickstoff. Das Gewichtsverhältniss zwischen exhalirtem Stickstoff und exhalirter Kohlensäure stellt sich gewöhnlich ungefähr wie 1 : 100 heraus (*Brunner* u. *Valentin*, *Boussingault*, *Regnault* und *Reiset*), viel bedeutender dagegen beim Athmen im abgeschlossenen Raume bis zur Asphyxie (*Marchand*, *W. Müller*).

Wasserstoff und Kohlenwasserstoff. In der exspirirten Luft hat man immer auch geringe Mengen von Wasserstoff und Kohlenwasserstoff gefunden (*Regnault* und *Reiset*). Auch gehen viele flüchtige Stoffe, wie Phosphor, Campher, Alkohol und aetherische Oele, nach Aufnahme derselben durch die Mundhöhle, in die Exspirationsluft über.

Jene fremdartigen Gase scheinen vom Darme herzurühren; denn nach *Bernard's* Versuchen wird z. B. Schwefelwasserstoff nicht bloss, wenn dessen wässrige Lösung ins Blut injicirt wird, sehr bald in der Exspirationsluft wahrgenommen, sondern auch dann, wenn dasselbe in das Rectum eingeführt wird.

Der Ammoniakgehalt, den viele Beobachter (*Marchand*, *W. Reuling*, *L. Thomson*, *Mettenheimer* und Andre) in der exspirirten Luft nachgewiesen haben, dürfte wohl nicht mit dem Respirationsprocesse selbst zusammenhängen, d. h. das Ergebniss einer Aushauchung dieses Stoffs aus dem Blute sein, sondern von verschiedenen Affectionen, namentlich solcher der Mundhöhle, herrühren.

Menge in bestimmten Zeiten excernirter Kohlensäure und absorbirten Sauerstoffs. Die von einem gesunden Manne in der Ruhe ausgeathmete Luft enthält durchschnittlich ungefähr 4,334 Volumenprocente Kohlensäure. Von einem erwachsenen kräftigen Manne werden in 24 Stunden 867 grm. oder (bei 0° und 336''' Bar.) 443409 Cubikcentimeter Kohlensäure, 8 grm. Stickstoff und 350 grm. Wasser in Gasform ausgeathmet: an Sauerstoff werden aber in gleichen Zeiten 746 grm. oder 520601 Cubikcentimeter aufgenommen; ziehen wir von diesen die in der exspirirten Kohlensäure und dem Wassergase enthaltenen Sauerstoffmengen ab, so verbleiben 116 grm. Sauerstoff im Blute (*Horn*, *Valentin*, *Vierordt*, *Scharling*).

Einfluss der Athemfrequenz auf die Kohlensäureexcretion. Der Kohlensäuregehalt der exspirirten Luft ist sehr abhängig von der Häufigkeit der Athembewegungen. Durch doppelt so schnelles Athmen (ohne Verminderung der normalen Tiefe) wird die relative Menge der exspirirten Kohlensäure ungefähr um 0,907% geringer als bei dem normalen, ruhig vor sich gehenden Athmen, bei der dreifachen Anzahl von Athemzügen um 1,125%, bei der vierfachen Anzahl um 1,292%, bei der achtfachen endlich um 1,600% (*Vierordt*). Aus diesen und ähnlichen Beobachtungen geht hervor, dass die Exspirationszahlen Functionen der entsprechenden die

Kohlensäureprocente ausdrückenden Zahlen sind. Demnach kommt jeder Exspiration, sie mag eine Dauer haben, welche sie wolle, ein constanter Exspirationswerth von 2,5% zu, dem sich noch eine zweite der Dauer des Athemzugs genau proportionale Menge Kohlensäure beigesellt, wie aus folgender Tabelle deutlich zu ersehen ist:

Athemzüge.	Kohlensäureprocente.	Constante.	Zunahme der Kohlensäureprocente für die Dauer des Athemzugs.
6	5,7	2,5	3,2
12	4,1	2,5	1,6
24	3,3	2,5	0,8
48	2,9	2,5	0,4
96	2,7	2,5	0,2

Formeln zur Berechnung des Verhältnisses zwischen der Frequenz der Athemzüge und der Kohlensäureausscheidung.

Hiernach lässt sich eine von folgenden Formeln abstrahiren, welche zur Berechnung der den verschiedenen Respirationsfrequenzen zukommenden relativen Kohlensäuremengen dienen können. Ist die bei einer Exspiration von der Dauer von $\frac{60}{3} . 2 - 1$ Secunden gebildete, in 100 Raumtheilen ausgeathmeter Luft vorhandene Kohlensäuremenge $= a$, so wird der Kohlensäurewerth bei einer Dauer von $\frac{60}{3} . 2^{-n}$ Sec. $= a = 3,2 + \frac{6,4}{2^n}$ sein, oder: Bezeichnet a die bei jeder Exspiration constante Kohlensäure, T die Dauer der kürzesten Athmungsbewegung, so entspricht allgemein der Dauer $T . 2^n$ jeder Athmungsbewegung der Kohlensäurewerth I., $a + \frac{2^n - 1}{10}$. Da $T . 2^n$ eine Exspiration von jeder beliebigen Dauer t darstellt, so wird $2^n = \frac{t}{T}$. Dieser Ausdruck giebt, in I. eingeführt, für irgend eine Dauer t einer Exspiration den Kohlensäurewerth II., $a + \frac{t - T}{10\,T}$ (*Vierordt*).

Dass der Rhythmus der Athemzüge der wirksamste Regulator der Kohlensäureexcretion ist, geht aus folgender, nach jenen Formeln berechneten, tabellarischen Uebersicht der in bestimmten Zeiten exspirirten Kohlensäuremenge hervor:

Zahl der Exspirationen in 1 Minute.	Kohlensäure in 100 CC. exspir. Luft.	In 1 Minute exspir. Luft. in CC.	In 1 Minute exspir. Kohlensäure in CC.	Durch eine Exspiration ausgeathmete Kohlensäure.
6	5,7	3000	171	28,5
12	4,1	6000	216	20,5
24	3,3	12000	396	16,5
48	2,9	24000	696	14,5
96	2,7	48000	1296	13,5

Einen ähnlichen Einfluss auf die Kohlensäureexcretion übt auch die Grösse oder Tiefe der Athemzüge aus; wie am deutlichsten aus folgender Uebersicht hervorgeht:

Einfluss der Tiefe der Athemzüge auf die Kohlensäure-excretion.

Enthält die Luft normaler Athemzüge = 4,60% Kohlensäure, so sind in der Luft

zweimal tieferer	,,	= 4,00%	,,
dreimal ,,	,,	= 3,70%	,,
viermal ,,	,,	= 3,38%	,,
achtmal ,,	,,	= 2,78%	,,
halbmal so tiefer	,,	= 5,38%	,,

enthalten (*Vierordt*).

Der Kohlensäuregehalt der Luft nimmt in den feinern Bronchien zu und ist in der Nähe und innerhalb der Lungenbläschen am bedeutendsten; man ersieht diess einerseits daraus, dass die zweite Hälfte einer Exspiration immer um ein Gewisses reicher an Kohlensäure ist, als die erste (z. B. in dieser 3,72%, in jener 5,44%), und andrerseits daraus, dass die Luft einer sehr starken Exspiration kohlensäurereicher ist, als die einer normalen (erstre enthält z. B. 5,18%, während letztere etwa 4,63% enthält (*Vierordt*, *Horn*, *Becker*). Hieraus berechnet sich, dass in der Luft der Lungenbläschen ungefähr 5,83%, also 1,2% mehr als in der einer normalen Exspiration enthalten sind (*Vierordt*).

Kohlensäure-gehalt der Luft der Lungen-bläschen.

Nach längerer Hemmung des Athmens zeigt sich im expirirten Luftgemeng eine erhebliche Abnahme der absoluten Menge der Kohlensäure und eine bedeutende Zunahme der relativen (*Vierordt*).

bei Hemmung des Athmens.

Die ältern Versuche, welche man über das Einathmen von reinem Sauerstoff oder sauerstoffreicher Luftgemenge angestellt hat, führten zu eigenthümlichen nicht unter sich übereinstimmenden Resultaten; neuere an Thieren in dieser Beziehung gemachte Versuche zeigten jedoch keine Verschiedenheit von dem Athmen in reiner atmosphaerischer Luft (*Regnault* und *Reiset*, *W. Müller*).

Einathmen von Sauerstoff.

Nach *W. Müller* findet man nur im Beginn der Sauerstoffathmung die Schleimhäute etwas stärker geröthet und den Respirationsact etwas lebhafter, während sehr bald die Athmung ganz so wie in atmosphaerischer Luft vor sich geht.

Ueber die Mengen von Sauerstoff, welche in einer Atmosphaere enthalten sein müssen, um den Respirationsact normal zu erhalten, hat bis jetzt *W. Müller* die sorgfältigsten Versuche angestellt; dieselben haben ergeben, dass ein Sauerstoffgehalt von 14,8% (also ungefähr $^2/_3$ des Sauerstoffgehalts atmosphaerischer Luft) ohne wesentlichen Einfluss auf den Athmungsprocess ist. Sinkt dagegen der Sauerstoffgehalt einer Luft auf 7% (also auf $^1/_3$ des Gehalts der Atmosphaere), so macht sich durch das Eintreten tiefer Athemzüge eine Störung bemerklich; das Athmen einer nur 3% Sauerstoff enthaltenden Luft führt ziemlich rasch den Tod unter Suffocationserscheinungen herbei.

Athmen kleiner Luftvolumina,

Im Bezug auf das Verhalten des Sauerstoffs bei der Respiration hat *W. Müller* die in mehrfacher Beziehung höchst wichtige Beobachtung gemacht, dass Thiere beim Athmen eines sehr beschränkten Luftvolumens allen Sauerstoff bis auf die letzte Spur zu absorbiren, d. h. also der ihnen zum Athmen gewährten, geringen Luftmenge allen Sauerstoff zu entziehen im Stande sind, ehe sie der Asphyxie erliegen.

von Kohlensäure,

Reine Kohlensäure kann schon wegen krampfhafter Verschliessung der Stimmritze nicht eingeathmet werden. *Marchand* fand, dass in einem Luftgemeng, welches reich an Kohlensäure, aber noch athembar ist, weniger Sauerstoff absorbirt, zugleich aber weniger Kohlensäure und etwas mehr Stickstoff, als beim Athmen in athmosphaerischer Luft, exhalirt wird. Nach *Bernard* können Thiere in einer Luft so lange leben, bis dieselbe durch das Athmen auf einen Kohlensäuregehalt von 12 bis 18% gelangt ist. Indessen sterben die Thiere schon bei einem weit geringern Kohlensäuregehalte einer Luft, wenn dieselben aus reiner atmosphaerischer Luft plötzlich in das kohlensäurereichere Gasgemisch gebracht werden, selbst im Fall letztres neben Kohlensäure noch viel Sauerstoff enthält. Aus *Müller's* nach oben angedeuteter Methode ausgeführten Versuchen erklärt sich das von *Marchand* erhaltene Resultat einfach dahin, dass in der kohlensäurereichern Atmosphaere dem Absorptionsgesetz gemäss ein Theil der gebildeten Kohlensäure im Blute zurückgehalten oder aus der Luft selbst absorbirt wird und der Sauerstoff nur deshalb in geringerer Menge aufgenommen wird, weil der Verbrennungsprocess im Blute überhaupt geringer geworden ist. *W. Müller* fand ferner, dass Thiere beim Athmen im abgeschlossenen Raume (vorausgesetzt, dass dieser gross genug ist, um nicht zu frühzeitig durch Mangel an Sauerstoff die Luft unathembar zu machen) durch die sich allmälig vermehrende Kohlensäure nicht eher afficirt werden, als bis sie selbst etwa den dritten Theil ihres Körpervolumens an gasiger Kohlensäure aufgenommen haben. Erst wenn dann noch die Athmung in dem abgeschlossenen Raume fortgesetzt wird, beginnt Narkose unter Kühlwerden der Extremitäten, Verlangsamung des Athmens und Beschleunigung des immer schwächer werdenden Herzschlags einzutreten. Nachdem das Thier etwa 56 bis 58% seines Körpervolumens an Kohlensäure aufgenommen hat, erfolgt der Tod ohne krampfhafte Erstickungszufälle, während die in der Luft noch vorhandene Sauerstoffmenge zur Unterhaltung des Lebens noch vollkommen ausreichend sein würde. Diese Versuche beweisen aber gleichzeitig, dass die Sauerstoffaufnahme im Körper noch stetig vor sich geht, selbst wenn durch die Kohlensäure bereits narkotische Erscheinungen eingetreten sind.

von stickstoffreicher Luft,

In stickstoffreicher Luft scheint einigen Versuchen zufolge Stickstoff absorbirt zu werden (*Legallois*); auch soll mehr Sauerstoff absorbirt und weniger Kohlensäure exhalirt werden (*Coutenceau, Nysten*).

von Stickstoffoxydul.

Das Athmen in Stickstoffoxydulgas bewirkt lebhafte Aufregung, beschleunigte Blut- und Athembewegungen und endlich As-

phyxie; im Ganzen wird in diesem Gase mehr Kohlensäure producirt als in atmosphaerischer Luft (*Davy, Ph. Zimmermann*).

Athmen in einem Gemeng von Wasserstoff und Sauerstoff,

In einer künstlichen Atmosphaere, welche anstatt des Stickstoffs Wasserstoff, aber ebensoviel Sauerstoff als gewöhnliche Luft enthält, geht das Athmen ganz normal von Statten; nur scheint etwas mehr Sauerstoff absorbirt zu werden (*Regnault* und *Reiset*).

von Kohlenoxyd.

Schon sehr geringe Mengen Kohlenoxyd unterdrücken die Respirationsthätigkeit (0,54% *F. Leblanc*, 0,6% *Cl. Bernard*), da dieser Körper sich mit dem Blute verbindend, die Absorbirbarkeit desselben für Sauerstoff völlig aufhebt (*Lothar Meyer*).

Einflüsse der Aussenwelt auf den Gaswechsel.

Gewisse Einflüsse der Aussenwelt üben auf den Athmungsprocess eine bestimmte Wirkung aus; diese Wirkung ist jedoch meistens keine directe, sondern sie geht indirect aus der durch eine Reihe von Ursachen bedingten grössern Veränderung der Frequenz oder der Tiefe der Athemzüge hervor. Da der Organismus gerade durch die Lungen in die innigste Beziehung zur Atmosphaere tritt, so werden atmosphaerische Einflüsse auch sichtliche Wirkungen äussern müssen.

Temperatur.

Durch sehr zahlreiche, vielfach modificirte Versuche ist die Thatsache ausser Zweifel gesetzt, dass in höherer Temperatur weniger Kohlensäure, in niederer dagegen mehr exhalirt wird, und dass die Menge exhalirter Kohlensäure (unter den Temperaturgraden, in welchen der thierische Organismus noch sein Wohlsein erhält) ziemlich in umgekehrter Proportion zu den Wärmegraden der eingeathmeten Luft steht (*Letellier, Vierordt* u. A.). Erklärlich wird diese Erfahrung dadurch, dass mit Erhöhung der Temperatur sowohl die Zahl als die Tiefe der Athemzüge etwas abnimmt (*Vierordt*). Auffallend ist, dass in höhern Temperaturen auch weniger Wassergas exspirirt wird (*Vierordt*).

Eine Ausnahme von jener Regel finden wir nur bei Thieren, die in niederen Temperaturen in einen torpiden Zustand verfallen, z. B. bei Fröschen; diese exspiriren in diesem Zustande weit weniger Kohlensäure, als bei den nächst höhern Temperaturgraden, wo sie noch lebhaft sind (*Marchand*).

Feuchtigkeitsgrad der Atmosphaere.

Der Feuchtigkeitsgrad der Luft scheint besonders auf die Tiefe der Athemzüge, zugleich aber auch auf deren Frequenz von Einfluss zu sein; deshalb finden wir, dass in feuchter Luft mehr Kohlensäure exspirirt wird, als in minder feuchter oder trockner.

Luftdruck.

Von geringerem Einflusse ist im Ganzen der Luftdruck; indessen vermehrt er beim Steigen die Pulsschläge und die Athemzüge, so dass in einer bestimmten Zeit mehr Luft durch die Lungen geht, als bei niederem Luftdrucke; da jedoch sich der relative Gehalt der exspirirten Luft an Kohlensäure mindert, so ist die absolute Menge der exhalirten Kohlensäure ziemlich dieselbe, wie bei niederem Luftdrucke (*Vierordt*). Nur plötzliche Schwankungen im Luftdrucke modificiren die respiratorischen Functionen so bedeutend, dass mit frequenterem Athmen weit mehr Kohlensäure exspirirt wird, möge hoher Druck geringer, oder

niederer höher werden. Selbst bei excessiven Erhöhungen oder Verminderungen des Luftdrucks bleibt, wenn diese allmälig geschehen, die Menge der in bestimmten Zeiten exhalirten Kohlensäure sich gleich.

Tageszeiten.

Den Einfluss der Tageszeiten auf die Respiration hielt man früher für sehr bedeutend; allein die wirklich beobachteten Schwankungen in den respiratorischen Functionen reduciren sich grösstentheils auf die Zeit eingenommener Nahrung, auf Schlaf, körperliche Bewegung u. s. w. (*Prout, Scharling, Vierordt, Horn, Becher*).

Jahreszeiten.

Im Betreff des Einflusses der Jahreszeiten steht nur so viel fest, dass während des Winters im Durchschnitt ein Fünftel Kohlensäure mehr excernirt wird als im Sommer (*Barral, Vierordt*).

Innere Zustände des Organismus.

Von der erheblichsten Einwirkung auf die Respiration sind die innern Zustände des Organismus, da diese gerade auf eines der wichtigsten Momente des Respirationsprocesses, auf den Gehalt des Blutes an Gasen und besonders an Kohlensäure einwirken, nebenbei aber auch nicht ohne Einfluss auf die Blut- und Athembewegungen sind.

Unter diesen innern Zuständen steht der Einfluss der Nahrung obenan.

Abstinenz von Nahrung.

Bei völliger Abstinenz von Nahrung, bei sog. Inanitionsversuchen sinkt die Sauerstoffabsorption ziemlich stetig bis zum Tode, nur im Anfange und zu Ende des Versuchs etwas rascher. Im Anfange der Inanition werden zur Kohlensäurebildung etwa 80% des absorbirten Sauerstoffs, zu Ende derselben aber nur ungefähr 73% verwendet. Die Menge der excernirten Kohlensäure nimmt im ersten Drittel der Inanitionsperiode ziemlich gleichmässig und schnell ab, im zweiten Drittel langsam, im letzten Drittel wieder schneller. Bei Versuchen, in welchen den Thieren neben der festen Nahrung nicht gleichzeitig das Getränk entzogen ward, wurden auf je 100 Th. Kohlensäure 75 Th. Wasserdunst exhalirt. Oft wird bei hungernden Thieren, namentlich bei Vögeln, auch eine Stickstoffabsorption beobachtet (*Letellier, Boussingault, Marchand, Bidder* und *Schmidt, Regnault* und *Reiset*).

Schon das Uebergehen einer einzelnen Mahlzeit ändert die Verhältnisse des Gaswechsels sehr erheblich, indem Sauerstoffabsorption und Kohlensäureexcretion dadurch bedeutend vermindert werden. Dagegen wird während der Verdauung und zwar schon 1 bis 2 Stunden nach Aufnahme der Nahrung eine bedeutende Zunahme an absorbirtem Sauerstoff und an exhalirter Kohlensäure beobachtet (*Vierordt, Scharling, Becher*).

Verdauung.

Einfluss der chemischen Natur der Nahrungsmittel auf die respiratorischen Functionen.

Die chemische Natur der Nahrungsmittel ist von wesentlichem Einfluss auf die Respirationsproducte. Nach dem Genusse von Amylaceen wird weit mehr Sauerstoff zur Kohlensäurebildung verwendet, als nach Fleischfütterung; während bei lelzterer auf 100 Th. aufgenommenen Sauerstoffs nur etwa 74 Th. in der Kohlensäure wiederge-

funden werden, pflegen bei vegetabilischer Kost von 100 Th. absorbirten Sauerstoffs mehr als 91 Th. zur Kohlensäurebildung verwendet zu werden. Stickstoff wird zwar auch bei vegetabilischer Nahrung ausgeathmet, jedoch in weit geringerer Menge, als bei animalischer (*Dulong, Despretz, Regnault* und *Reiset*).

Verhältniss des absorbirten Sauerstoffs zu dem der exhalirten Kohlensäure nach dem Genusse verschiedener Nährstoffe.

Es fragt sich nun, ob jene Differenz, die wir in dem Verhältniss des absorbirten Sauerstoffs zu dem in der exhalirten Kohlensäure enthaltenen nach verschiedener Nahrung finden, sich auf bestimmte chemische Verhältnisse zurückführen lässt. Denken wir uns zunächst, dass die stickstofffreien Materien im Organismus vollständig zu Kohlensäure und Wasser verbrennen, so ergiebt sich leicht aus ihrer Zuzammensetzung, dass sie zu dieser vollständigen Oxydation sehr verschiedener Mengen Sauerstoff bedürfen werden, je nach der Menge Oxygen, welche schon in ihnen enthalten ist. Die Kohlenhydrate werden z. B. nur so viel Sauerstoff aufnehmen, als gerade zur Oxydation ihres Kohlenstoffgehalts nöthig ist, die Fette werden dagegen noch Sauerstoff zur Oxydation eines grossen Theils ihres Wassertoffs bedürfen, wogegen in den organischen Säuren so viel Sauerstoff enthalten ist, dass dieser selbst zur Oxydation eines Theils des Kohlenstoffs ausreicht; sie werden daher zu ihrer Verbrennung sehr wenig freien Sauerstoff noch aufnehmen. Bei den stickstoffhaltigen Nährstoffen müssen wir annehmen, dass ein Theil Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff mit der zugehörigen Menge Stickstoff sich unter der Form von Harnstoff ablöst; und wir können daher diese Stoffe nur nach Abzug der Harnstoffelemente als der Respiration anheimfallend betrachten (*Liebig*).

Respiratorische Aequivalente.

Setzen wir den Sauerstoff als Einheit und berechnen, wieviel von jedem einzelnen Nährstoffe nöthig ist, um mit der Einheit des Sauerstoffs gerade Kohlensäure und Wasser zu bilden, so erhalten wir gewissermaassen respiratorische Aequivalente, welche im umgekehrten Verhältnisse zu dem Werthe stehen, den jede einzelne Substanz für den Oxydationsprocess im Thierkörper oder die Entwicklung der thierischen Wärme haben mag. Hauptsächlich finden wir aber in dieser Betrachtung auch die Beantwortung der oben aufgeworfenen Frage. Denken wir uns nämlich, dass der Gaswechsel in den Lungen eine Zeit lang nur das Resultat der Verbrennung eines einzigen der Nährstoffe sei, so kommen natürlich von 100 Th. zur vollständigen Oxydation eines Körpers verwendeten Sauerstoffs sehr verschiedene Mengen auf die Oxydation des Kohlenstoffs; es werden sich also auch sehr verschiedene Mengen Oxygen in der gebildeten, d. h. hier exhalirten Kohlensäure wiederfinden. Folgende Tabelle wird über die hier berührten Verhältnisse den besten Aufschluss geben:

Substanz.	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Neben dem vorhandenen Sauerstoff sind noch zur CO_2- u. HO-bildung nöthig:	Respiratorische Aequiv.: 100 Th. Sauerstoff oxydiren:	Von 100 Th. absorbirten O sind in der CO_2 enthalten:
100 Th. Fett enthalten	78,13	11,74	10,13	292,14	34,23	71,32
,, ,, Stärkmehl ,,	44,45	6,17	49,38	118,52	84,37	100,00
,, ,, Zucker ,,	40,00	6,66	53,34	106,67	93,75	100,00
,, ,, Aepfelsäure ,,	41,38	3,45	55,17	82,78	120,80	110,53
,, ,, Albumin ,,	47,48	4,98	13,14	153,31	65,23	82,60
,, ,, Collagen ,,	42,52	4,47	13,59	135,56	73,77	83,64
,, ,, Fleisch ,,	46,10	4,72	13,66	147,04	68,01	83,60.

Es bedarf kaum der Bemerkung, dass selbst bei ausschliesslichem Genusse von Stärkmehl oder Zucker oder Fett sich nie das Verhältniss zwischen absorbirtem und in der Kohlensäure exhalirtem Sauerstoff so herausstellen wird, wie die Zahlen der letzten Columne anzeigen; denn es ist zu erwägen, dass neben der Oxydation der stickstofffreien Nährstoffe gleichzeitig auch ein Theil der stickstoffhaltigen Gewebstheile unbrauchbar wird und ebenfalls der Oxydation anheimfällt, wodurch natürlich jene Proportion verändert wird.

Verwerthung jener Aequivalente zur Beurtheilung gewisser Verhältnisse des thierischen Stoffwechsels.

Jene Zahlen können aber zur **Beurtheilung der quantitativen Verhältnisse des thierischen Stoffwechsels** vielfach verwerthet werden. Beispielshalber führen wir hier nur zwei Fälle an, die mit Zugrundelegung jener Zahlen in einer einfachen Gleichung ihren Aufschluss finden. Wir können erstens die Frage aufwerfen, wie wird sich der absorbirte Sauerstoff zu dem in der exhalirten Kohlensäure enthaltenen verhalten, wenn ein Thier eine Zeit lang nur eine bestimmte Quantität Stärkmehl als Nahrung erhält? Ist die typische Grösse des täglichen, stickstoffhaltigen Gewebsverlustes, die man natürlich kennen muss, $= c$, die Proportionszahl für das Sauerstoffverhältniss bei der Consumtion dieser Theile (wie aus Inanitionsversuchen sowohl als Versuchen bei Fleischkost hervorgeht) $= 83{,}6$, die Menge des aufgenommenen und zur Oxydation gelangenden Stärkmehls $= a$, so ergiebt sich die Proportionszahl für die Kohlensäureexcretion aus der Gleichung $\frac{c.\ 83{,}6 + a.\ 100}{c + a} = x$. Oder wollten wir wissen, wieviel bei Inanitionsversuchen an Fett neben stickstoffhaltigem Material der Oxydation anheimfällt: so können wir den typischen Albuminatverbrauch aus der Menge gebildeten Harnstoffs berechnen; dieser sei $= c$; für reinen Fettgenuss ist die Proportionszahl $= 71{,}32$; die im Zustande der Inanition gefundene Proportion für absorbirten und in der Kohlensäure exhalirten Sauerstoff z. B. $= 75$, so erhält man nach der vereinfachten Formel:

$\frac{(83,60 - 75,00) \cdot c}{75,00 - 71,32} = x$, d. h. die Menge Fett, welche neben c Albuminaten der Verbrennung unterlag.

Es bedarf nun nach dem Erwähnten kaum der Bemerkung, dass auch die Quantität der genossenen Nahrung von erheblichem Einfluss auf die Grösse des in den Lungen vor sich gehenden Gasaustausches ist; es giebt aber natürlich eine gewisse Grenze, über welche die Sauerstoffabsorption und Kohlensäureexcretion nicht hinausgeht; sehen wir doch, dass schon die Absorption der verschiedenen Nährstoffe ein gewisses Maass nicht zu überschreiten vermag. Unter Ernährung kommen wir ohnedem auf die sog. Luxusconsumtion zurück (*Bidder* und *Schmidt*, *Regnault* und *Reiset*).

Einfluss der Nahrungsquantitäten,

Nach mässigem Genusse von spirituösen Getränken wird die Kohlensäureexcretion absolut und relativ verringert; dasselbe findet auch nach Aufnahme von Theeïn, aetherischen Oelen u. s. w. statt (*Prout*, *Vierordt*).

spirituöser Getränke,

Eine sehr erhebliche Verminderung der Kohlensäureausscheidung bewirkt der Schlaf; bei Menschen fand man das Verhältniss der im Wachen excernirten Kohlensäure zu der im Schlafe excernirten einmal = 40,74 : 31,39 (*Scharling*).

des Schlafs,

Besonders auffällig sind die Respirationsverhältnisse im Winterschlafe der Thiere; man hat in dieser Hinsicht die Murmelthiere besonders sorgfältig beobachtet. Während 1000 grm. dieser Thiere wachend 1,2 grm. Sauerstoff absorbiren, nehmen sie im Winterschlafe nur 0,045 grm. auf; während ferner vom absorbirten Sauerstoff bei wachenden Thieren 73% in der excernirten Kohlensäure wiedererscheinen, treten bei winterschlafenden nur 56,7% in die Kohlensäure über (*Regnault* und *Reiset*).

des Winterschlafs,

Unmittelbar nach dem Erwachen aus dem Nachtschlafe ist bei Menschen eine sehr bedeutende Kohlensäureausscheidung beobachtet worden (*Prout*, *Vierordt*).

des Erwachens,

Durch körperliche Bewegung wird die Aufnahme von Sauerstoff und die Ausgabe von Kohlensäure relativ und absolut vermehrt (*Seguin*, *H. Hoffmann*, *Vierordt*).

körperlicher Bewegung,

Rücksichtlich des Einflusses des Lebensalters auf die Respiration haben Versuche gelehrt, dass die Menge der täglich excernirten Kohlensäure durchschnittlich bis zum 40. und 46. Lebensjahre, hauptsächlich aber mit der Entwicklung des Muskelsystems zunimmt (*Andral* u. *Gavarret*) und junge Thiere weniger Sauerstoff absorbiren und Kohlensäure exhaliren, als alte (*Regnault* und *Reiset*). Berechnet man aber bei Kindern oder jungen Thieren die excernirte Kohlensäure auf gleiches Körpergewicht, so stellt sich heraus, dass Kinder fast doppelt soviel Kohlensäure produciren, als Erwachsene (*Scharling*).

des Lebensalters,

Männliche Personen excerniren mehr Kohlensäure als weibliche;

des Geschlechts.

denselben Einfluss zeigt das Geschlecht bei Thieren (*Andral* und *Gavarret*, *Regnault* und *Reiset*).

Magere Thiere consumiren mehr Sauerstoff als sehr fette (*Regnault* und *Reiset*).

Das Volumen der Leber steht bei verwandten Thieren in keiner Proportion zur Kohlensäureexhalation (*Moleschott* und *R. Schelske*).

Zur allgemeinen Uebersicht über die eben angedeuteten Verhältnisse diene folgende nach directen Versuchen berechnete Tabelle, deren Resultate mit den meisten andern in dieser Richtung angestellten Versuchen nahe übereinstimmen.

Subject.	Alter.	Körpergewicht.	In 1 St. excernirte Kohlensäure.	Von 1000 grm. Körpergewicht in 1 St. excernirte Kohlensäure.
Mann . . .	35 Jahr	65,5 Klgrm.	33,530 grm.	0,5119 grm.
Jüngling .	16 ,,	57,75 ,,	34,280 ,,	0,5887 ,,
Soldat . .	28 ,,	82,00 ,,	36,623 ,,	0,4466 ,,
Jungfrau .	17 ,,	55,75 ,,	25,342 ,,	0,4546 ,,
Knabe . .	9¾ ,,	22,00 ,,	20,338 ,,	0,9245 ,,
Mädchen .	10 ,,	23,00 ,,	19,162 ,,	0,8831 ,,

Respirationsverhältnisse bei Thieren:

Rücksichtlich der Respirationsverhältnisse verschiedener Thierclassen lässt sich Folgendes als feststehend annehmen:

bei Säugethieren,

Bei Säugethieren hängt das Verhältniss zwischen absorbirtem Sauerstoff und exhalirter Kohlensäure lediglich von der Nahrung ab; wir finden hier die bereits oben festgestellten Proportionen bestätigt. Durchschnittlich scheinen ferner die Carnivoren etwas mehr Sauerstoff zu absorbiren und Kohlensäure zu produciren als die Herbivoren; von den erstern wird auch etwas mehr Stickstoff exhalirt als von den letztern.

Vögeln,

Bei Vögeln hängt die Grösse der Respirationsproducte hauptsächlich von dem Grade ihrer Lebhaftigkeit ab; da kleinere Vögel durchschnittlich weit lebhafter sind als grössere, so exhaliren jene für ein gleiches Körpergewicht eine weit grössere Menge Kohlensäure und absorbiren auch entsprechend mehr Sauerstoff.

Eiern derselben,

Auch die Eier der Vögel exhaliren namentlich während der Bebrütung Kohlensäure und absorbiren mehr Sauerstoff als in der exhalirten Kohlensäure enthalten ist; je weiter die Entwicklung des Foetus vorwärts schreitet, desto auffallender treten die absoluten Mengen der wechselnden Gase hervor (*Baudrimont* und *St. Ange*).

Amphibien.

Auch bei den Amphibien zeigt sich, dass die agileren Thiere einen regeren Gaswechsel in den Lungen vollführen als die trägern (*Regnault* und *Reiset*, *Moleschott* und *Schelske*). Im Ganzen aber ist derselbe bei weitem geringer als bei Säugethieren und Vögeln.

Die durch Kiemen athmenden Fische nehmen ebenfalls mehr Sauerstoff auf, als in der exspirirten Kohlensäure wieder ausgeschieden wird (*Humboldt* und *Provençal*, *Baumert*). Auch durch die Haut respiriren die Fische (*Humboldt* und *Provençal*), einige auch durch den Darm z. B. der Schlammpeitzger (*Erman*, *Bischof*, *Baumert*). Die Fische absorbiren erhebliche Mengen Stickstoff (*Humboldt* und *Provençal*, *Baumert*). Bei lebhaften Fischarten ist der Gaswechsel energischer, als bei trägen (*Baumert*).

Respirationsverhältnisse der Fische,

Die durch Tracheen athmenden Insecten zeigen in den quantitativen Verhältnissen des Gaswechsels keinen auffallenden Unterschied von denen der lungenathmenden Thiere.

Insecten,

Auch diejenigen Thiere, welche nur durch die Haut athmen, z. B. die Regenwürmer, haben in ihren Respirationsverhältnissen keine wesentlichen Differenzen wahrnehmen lassen.

durch die Haut athmenden Thiere.

Um die Uebersicht über die angeführten Verhältnisse durch Zahlenangaben zu erleichtern, fügen wir folgende Tabelle bei:

Thierspecies	Futter	Von 100 Thl absorb. O gehen an die excernirte CO_2	Von 1000 grm. Thier in 1 St.		
			Verbrauchter Sauerstoff	Exhalirte Kohlensäure	Exhalirter Stickstoff
			grm.	grm.	grm.
Hund	Fleisch	74,5%	1,183	1,211	0,0078
Kaninchen	Möhren	91,9 „	0,883	1,116	0,0036
Hühner	Hafer	80,7 „	1,053	1,320	0,0079
Kleine Vögel	Hafer	75,3 „	11,473	11,879	0,1296
Frösche	—	76,0 „	0,084	0,088	0,0005
Salamander	—	82,4 „	0,085	0,096	—
Eidechsen	—	75,2 „	0,192	0,198	0,0025
Maikäfer	—	80,8 „	1,0195	1,1372	—
Seidenraupen	—	78,2 „	0,899	0,960	—
Schleien	—	72,3 „	0,0143	0,0138	—
Goldfische	—	72,3 „	0,0409	0,0419	—
Regenwürmer	—	77,5 „	0,1013	0,0982	—

In allen diesen Versuchen sind die Producte der Perspiration denen der Lungenathmung beigerechnet, indem sie nach einer oder der andern Methode bestimmt wurden, wo beide gleichzeitig gesammelt werden. Neuern Versuchen nach sind aber die Perspirationsproducte denen der Respiration gegenüber auch höchst gering (*Regnault* und *Reiset*). So ist z. B. bei Säugethieren und Vögeln das Verhältniss der durch die Haut exhalirten Kohlensäure zu der durch die Lungen exhalirten ungefähr nur wie 4 bis 17 : 1000 gefunden worden. Bei manchen Thieren, z. B. bei Amphibien, hat man jedoch das Verhältniss ganz anders gefunden; denn so können z. B. Frösche, denen man die Lungen exstirpirt hat, nicht nur

Verhältniss der Perspiration zur Respiration.

sehr lange leben, sondern sie geben fast dieselben Mengen Kohlensäure und Wasser, wie die mit unverletzten Lungen (*Regnault* und *Reiset*).

Respiration in Krankheiten.

Ueber die Verhältnisse des Gaswechsels in Krankheiten ist man noch sehr wenig unterrichtet. Die bisher über diesen Gegenstand ausgeführten Versuche haben eigentlich zu keinem andern Resultate geführt, als dass bei jeder krankhaften Affection, möge diese acut oder chronisch genannt werden, die Kohlensäurexcretion vermindert ist, höchstens der normalen Grösse nahe kommt, dieselbe aber niemals überteigt (*Scharling*, *Hannover*, *Malcolm*, *Hervier* und *St. Sager*, *Doyère*). Eine überreichliche Oxydation oder zu grosse Ausscheidung von Kohlensäure ist noch in keiner Krankheit beobachtet worden.

Theorie der Respiration.

Die Theorien über den Respirationsprocess haben seit der Entdeckung des Sauerstoffs vielfach gewechselt. Ausser den in dem Obigen niedergelegten Thatsachen haben wir besonders die folgenden physikalischen Verhältnisse zu berücksichtigen, um zu einer allgemeineren Anschauung über den Respirationsprocess zu gelangen. Die rein mechanischen Bedingungen der Athmung sind aus der allgemeinen Physiologie bekannt; wir wissen, dass der Hohlraum, welchen die Luftwege von der Trachea bis in die Lungenbläschen bilden, beim Athmen verjüngt und erweitert wird, und dass durch diese Acte nur ein geringer Theil der in jenem Raume enthaltenen Luft ausgetrieben und durch neue Luft ersetzt wird.

Mechanische Bedingungen.

Wechsel der Gase in den Luftwegen.

Die frische in jenen Raum gedrungene Luft wird durch die Athmung mit der zurückgebliebenen nicht etwa zusammengeschüttelt, sondern sie kann in jenem Systeme immer feiner und zahlreicher werdender Röhren nur nach dem Gesetze der Diffusion der Gase einen Austausch der Bestandtheile mit der in den tiefern Theilen der Luftwege enthaltenen eingehen; wir fanden daher durch directe Beobachtungen, dass die tiefern Theile der Luftwege mehr Kohlensäure und die Lungenbläschen am meisten enthielten. Die gefundenen Zahlen stimmen mit dem Diffusionsgesetze vollkommen überein.

Verhältniss der Lungengase zum Blut.

Schwieriger ist der Austausch der Gase zu erklären, wie er zwischen der Luft der Lungenbläschen und der im Blute enthaltenen Luft durch die thierischen Membranen hindurch geschieht. Hat man auch durch die trefflichen Arbeiten *Bunsen's* und *Lothar Meyer's* (s. S. 214 ff.) die bündigsten Aufschlüsse über die Verhältnisse des Blutes zu den Gasen erhalten, so vermögen wir doch nicht für jeden einzelnen Fall die Luft des Blutes so genauen und oft wiederholten Untersuchungen zu unterwerfen, um sie mit der ausgeathmeten Luft vergleichen zu können. Indessen sind wir, so wünschenswerth die Kenntniss der gleichzeitig im Blute und in der Exspiration enthaltenen Luft auch sein mag, doch durch die erwähnten Forschungen über die Gesetze, nach denen die betreffenden Erscheinungen ablaufen müssen, so vollkommen ins Klare gesetzt, dass es fast nur der Kenntniss der exspirirten Luft bedarf, um den Gehalt des Bluts an den betreffenden Gasen beurtheilen zu können.

Quellen der Gase des Bluts.

Vorerst dürfte es aber passend erscheinen auf die Quellen der Gase des Blutes und der Kohlensäure insbesondere zurückzugehen, um später ein anschauliches Bild von dem Processe zu gewinnen, der in den Lungen selbst vor sich geht.

Kohlensäure wird grossentheils im Parenchym der Organe bei deren Function gebildet.

Die Kohlensäure wird zum grossen Theil während der Thätigkeit der Organe und durch die in ihnen vor sich gehenden chemischen Processe gebildet; diess geht nicht bloss daraus hervor, dass wir in allen Gewebsflüssigkeiten, in allen Organen nachweisbare Mengen von Kohlensäure vorfinden, und dass andrerseits bei grösserer Thätigkeit der Organe auch reichlichere Mengen von Kohlensäure gebildet und exhalirt werden, sondern hauptsächlich auch aus directen Versuchen mit den isolirten Organen, in welchen sich die erheblichste Thätigkeit zu entwickeln pflegt, nämlich mit den Muskeln. Es ist durch die unzweideutigsten Versuche festgestellt worden, dass wohlpraeparirte Muskeln (vom Frosche) Sauerstoff absorbiren und Kohlensäure exhaliren, so lange die Reizbarkeit oder Zuckungsfähigkeit derselben andauert, dass die letztere in irrespirabeln Gasarten verloren geht, und dass endlich selbst ein völlig blutleerer Muskel jenen Gaswechsel so lange unterhält, als er noch zuckungsfähig ist (vergl. S. 319). Der Gaswechsel und die Bildung von Kohlensäure geschieht hier also unmittelbar von dem Organ aus, von dem sonst erst auf vielen Umwegen (und zwar nothwendiger Weise durch Blut und Lungen), die Kohlensäure zur Atmosphaere gelangt. Dass die Kohlensäure schon im Parenchym der Organe gebildet wird, lehrt übrigens auch die vergleichende Physiologie; denn wir sehen z. B., dass bei den Insecten die atmosphaerische Luft durch die Tracheen bis in die innersten Theile der Organe hineingeleitet und dass dort unmittelbar jener Gaswechsel zwischen Sauerstoff und Kohlensäure vollführt wird.

Gasaustausch zwischen den Blutcapillaren und parenchymatösen Säften.

Bei den höhern Thieren lässt sich nun, bevor wir den Austausch der Gase in den Lungen betrachten, noch ein zweiter Gaswechsel zwischen dem im Blute der Capillaren enthaltenen Sauerstoff und der Kohlensäure der parenchymatösen Säfte unterscheiden. Dass die Capillaren Sauerstoff abgeben und Kohlensäure aufnehmen, darüber kann kein Zweifel obwalten, denn diess lehrt schon der Unterschied des arteriellen und venösen Blutes rücksichtlich ihres Gehalts an Gasen (vergl. S. 214).

Ein grosser Theil Sauerstoff wird schon im arteriellen Blute chemisch gebunden.

Man würde indessen sehr irren, wollte man aus diesen Thatsachen schliessen, dass alle Kohlensäure erst im Parenchym der Organe gebildet und aller in den Lungen aufgenommene Sauerstoff nur mechanisch gebunden den Organen zugeführt werde. Schon vor Ausführung der trefflichen Versuche *L. Meyer's* sprach mehr als eine Thatsache dafür, dass mindestens ein Theil des in den Lungen absorbirten Sauerstoffs schon im arteriellen Blute chemische Verbindungen eingehe; man wusste, dass Sauerstoff vom Blute in weit grösserer Menge aufgenommen wird, als es nach den Absorptionsge-

setzen denkbar war; man wusste, dass die Sauerstoffabsorption seitens des Blutes nicht abhängig vom äussern Drucke ist, was sie durchaus sein müsste, wäre sie eine einfach mechanische (s. S. 216); man kannte ferner die Veränderungen, welche das Blut beim Durchgange durch die Lungencapillaren, also nach Abgabe von Kohlensäure und Aufnahme von Sauerstoff erleidet, d. h. solche Veränderungen, die sich nur aus einer chemischen Umwandlung gewisser Blutbestandtheile ableiten liessen (vergl. S. 215); man kannte endlich die Fähigkeit des Blutkörpercheninhalts, des Haematins und Haematokrystallins, sich mit dem Sauerstoff chemisch zu verbinden und dadurch entsprechende Umwandlungen zu erleiden (vergl. S. 158 u. 184). Indessen ist doch erst durch die oft erwähnten und oben S. 214 ff. ausführlicher angeführten Versuchsreihen von *L. Meyer* ausser allen Zweifel gesetzt worden, dass der Sauerstoff zum grössten Theil vom Blute chemisch gebunden wird (wenn auch diese chemische Verbindung eine ziemlich lockre ist), während die Kohlensäure im Blute nur den einfachen also mechanischen Absorptionsgesetzen folgt.

Bildung von Kohlensäure im Blute.

Aus dem Umstande, dass der Sauerstoff grösstentheils chemisch vom Blute gebunden wird, sind wir jedoch noch keineswegs zu schliessen berechtigt, dass gleichzeitig im arteriellen Blute auch schon Kohlensäure und Wasser gebildet werden. Alle in dieser Beziehung angestellten Versuche haben ein negatives Resultat ergeben, d. h. so sehr die erwähnten Versuche für eine chemische Anziehung zwischen Blut und Sauerstoff sprechen, so wenig ist man doch der sorgfältigsten Beobachtungen ungeachtet im Stande gewesen, dabei eine gleichzeitige Entwicklung von Kohlensäure wahrzunehmen. Auch zeigt das ganze Verhalten der Blutkörperchen, dass diese in der That als Sauerstoffträger diesen Stoff den Capillaren zuführen und dort die anderweit gebildete Kohlensäure aufnehmen.

Ein geringer Theil Kohlensäure mag aber allerdings bereits im arteriellen Blute gebildet werden; wenigstens finden wir, dass z. B. essigsaure, weinsaure und andre pflanzensaure Alkalien, wenn sie in die grossen Venen injicirt werden, sehr schnell oxydirt und als kohlensaure im Harn wieder erscheinen. Darf man hieraus schliessen, dass diese organischen Säuren auf dem Wege von der V. jugularis oder cruralis durch das Herz und das arterielle Blut bis zu den Nieren oxydirt werden, so dürfte man wohl auch annehmen, dass manche Substanzen unter Vermittlung des Alkalis und des inspirirten Sauerstoffs bereits im arteriellen Blute zu Kohlensäure und Wasser oxydirt werden. Trotz dem bleibt aber der Satz fest stehen, dass bei weitem der grösste Theil der im venösen Blute enthaltenen und zum Theil durch die Lungen exhalirten Kohlensäure während der Function der Organe und besonders der Muskeln und zwar schon in denselben erzeugt wird.

Nachdem wir uns überzeugt haben, dass jener Austausch von Sauerstoff und Kohlensäure, den wir schlechthin Respiration nennen, nicht

auf eine einzige Stelle des Organismus beschränkt ist, dass einerseits schon in den Luftwegen auf doppelte Weise, durch mechanischen Transport und durch Diffusion, ein Luftwechsel bewerkstelligt wird, und dass von der andern Seite im Parenchym aller Organe und in den Blutcapillaren ein lebhafter Gasaustausch stattfinde: bleibt die Beantwortung der Frage übrig, nach welchen Gesetzen auf der feuchten Schleimhaut der Lungenbläschen der Wechsel zwischen den elastischen Gasen der zugeführten Luft und den verdichteten Gasen des Blutes der Lungencapillaren vollführt wird.

Absorptionsgesetze.

Zwei physikalische Gesetze sind es, welche nach dem jetzigen Stande der Wissenschaft zunächst zur Beantwortung jener Frage beitragen können, nämlich das eine, wornach die Menge oder das Volumen eines absorbirten Gases lediglich von dem Drucke abhängt, unter welchem das über der Flüssigkeit befindliche Gas nach vollendeter Absorption steht, und ein zweites, wornach bei gemengten Gasen der Druck jedes einzelnen Gases, der bekanntlich von dem der beigemengten Gase völlig unabhängig ist, lediglich die Proportion bestimmt, in welcher dieses von einer Flüssigkeit absorbirt wird. Ist demnach in dem Blute mehr Kohlensäure enthalten, als der Druck, unter welchem die Kohlensäureatmosphaere in den Lungenbläschen steht, in dem Blut condensirt zu erhalten vermag: so wird aus dem Blute eine entsprechende Quantität Kohlensäure entweichen, aber nur soviel von derselben, bis die Menge der im Blute enthaltenen Kohlensäure auf die Zahl herabgesetzt ist, welche kohlensäurefreies Blut unter einer dem Kohlensäuredrucke der Lungenbläschen entsprechenden Tension an Kohlensäure absorbiren würde. Die Menge der in die Lungen übertretenden Kohlensäure würde demnach sowohl von der Menge der im Blute condensirten Kohlensäure als von der Tension der in der Lungenbläschenluft schon enthaltenen gasigen Kohlensäure abhängen.

Deren Anwendung auf den Gaswechsel in den Lungen.

Es ist zwar in dem Obigen schon mehrfach erwähnt werden, dass der Sauerstoff vom Blute grösstentheils chemisch absorbirt wird: allein für ganz unabhängig von jenen Gesetzen ist seine Aufnahme im Blute keineswegs zu erachten. Auch diesen Gesetzen zufolge muss nämlich der Sauerstoff gerade in einer der Kohlensäure entgegengesetzten Richtung bewegt werden. Das in die Lungen gelangende Blut ist nicht mit Sauerstoff gesättigt; es ist unter dem Drucke, unter welchem es in den Lungen steht, eine grössere Menge Sauerstoff aufzunehmen im Stande; die Tension des in den Lungenbläschen enthaltenen Sauerstoffs ist so bedeutend, dass dadurch noch ein Theil Sauerstoff in das Blut hinübergetrieben, d. h. von demselben condensirt wird. Beide Gase sind also völlig unabhängig von einander, ihr Austausch geschieht nicht etwa durch eine gegenseitige Verdrängung, sondern wird für jedes einzelne durch den Gehalt des Bluts an condensir-

tem Gase und durch die Tension des entsprechenden, in der Lungenbläschenluft enthaltenen, elastisch flüssigen Gases bedingt.

Obgleich der Sauerstoff grossentheils chemisch absorbirt wird, so ist dieses physikalische Gesetz doch keineswegs ohne Bedeutung betreffs des Sauerstoffs; denn abgesehen davon, dass wohl in der That ein kleiner Theil Sauerstoff unter übrigens günstigen Verhältnissen im arteriellen Blute nicht chemisch gebunden bleibt, so ist auch zu erwägen, dass derselbe zunächst eben nur vom Serum aufgenommen wird, von diesem aber nur mechanisch, d. h. auf Grund jenes Gesetzes; erst nachdem das Serum solchen verdichtet hat, gelangt er zu den Blutkörperchen, um in diesen chemisch gebunden zu werden. Es geht aber gerade aus dieser Betrachtung hervor, dass das Serum alsbald wieder des mechanisch in ihm enthaltenen Sauerstoffs durch die chemische Anziehung desselben seitens der Blutkörperchen beraubt wird, und dass somit das Serum sogleich wieder die Fähigkeit erlangt, nach jenem physikalischen Gesetze neue Mengen von Sauerstoff zu absorbiren.

Sind also jene Gesetze physikalisch richtig, und wird, wie *Lothar Meyer's* Forschungen zu beweisen scheinen, die Kohlensäure ihrer Hauptmasse nach im Blute nur mechanisch verdichtet (absorbirt) erhalten, der Sauerstoff dagegen der Hauptmenge nach chemisch gebunden: so müssen einerseits Fälle eintreten können, wo in den Lungen Kohlensäure nicht exhalirt, sondern absorbirt wird. Denn da das venöse den Lungen zugeführte Blut in der Regel noch sehr weit davon entfernt ist, um mit Kohlensäure gesättigt zu sein, so muss in dem Falle, wenn die Luftbläschenluft mehr Kohlensäure enthält, als der Blutgehalt ihrer Tension nach beträgt, nothwendiger Weise ein Theil Kohlensäure aus der Luft in das Blut übergehen, bis sich die Tension der Kohlensäure des Blutes und die der Lungenbläschenluft ins Gleichgewicht gesetzt hat. Andrerseits ist aber auch der Fall denkbar, dass der Sauerstoff, da er im Blute durch chemische Bindung dem Einflusse jener Gesetze fortwährend entgeht, der Athmungsluft selbst bis auf geringe Spuren entzogen wird. Solche Fälle hat *W. Müller* in seinen trefflichen, bereits oben berührten Versuchen künstlich eintreten lassen, und dadurch die Richtigkeit dieser Voraussetzungen aufs vollständigste erwiesen. Kurz *W. Müller* hat, indem er Thiere in sehr beschränkten Räumen athmen liess (vergl. S. 372), auf das evidenteste dargethan, dass, während der Sauerstoff trotz seines stetig abnehmenden Partiardrucks bis zum letzten Rest durch chemische Affinität vom Blute angezogen wird, die Kohlensäure wegen ihres durch die fortlaufende Neubildung gesteigerten Sonderdrucks im Athmungsraum den im Blute vorhandenen übertrifft und auf dem Wege einfacher Absorption in das letztre zurücktritt. Sonach dürfte wohl als erwiesen anzusehen sein, dass die von *L. Meyer* über die gesetzlichen Verhältnisse zwischen Blut und den genannten

Gasen ermittelten Thatsachen auch auf den Respirationsprocess ihre volle Anwendung finden.

Theorie der thierischen Wärme.

Von den Effecten der Respiration auf den gesammten Stoffwechsel im thierischen Osganismus wird im folgenden Capitel die Rede sein; gewöhnlich knüpft man aber an die Theorie der Respiration die der thierischen Wärme, da man diese für den Haupteffect der Respiration hält. Die thierische Wärme ist aber nicht die unmittelbare Folge der Athmung, wird also nicht eigentlich in den Lungen erzeugt, sondern ist wenigstens zum grössten Theile das Resultat der an den verschiedensten Stellen des Organismus vor sich gehenden Oxydationsprocesse.

Als man den Heerd der thierischen Wärme nach *Lavoisier* noch in den Lungen allein annahm, suchte man die freie so wie die specifische Wärme (*Crawford* u. Andre) des den Lungen vom Herzen zufliessenden und des von den Lungen wieder in das Herz tretenden Blutes zu bestimmen. *G. v. Liebig* hat aber zuerst (nach ihm auch *Cl. Bernard* und *Walferdin*) nach exacteren Methoden die Differenz in der Temperatur des Blutes im rechten und linken Herzen bestimmt; derselbe fand (was auch beide letztgenannten Forscher bestätigten), dass das Blut des rechten Herzen eine um etwa $0,1^0$ höhere Temperatur besitze, als das des linken, dass also in der That, wie früher wohl geahnt wurde und schon *Valentin's* Beobachtungen (über das Temperaturverhältniss der ausgeathmeten Luft zu der Einathmungsluft von verschiedner Temperatur) andeuteten, eine wirkliche Abkühlung in den Lungen stattfinde, anstatt der früher gemuthmassten Erwärmung. Muss nun auch durch die chemische Absorption des Sauerstoffs in den Lungen nothwendiger Weise etwas latente Wärme frei werden, so wird die dadurch bedingte Temperaturerhöhung doch leicht erklärlicher Weise durch die Kohlensäure- und Wasserdunstexhalation wieder soweit herabgedrückt, dass sich in dem linken Herzen sogar eine Temperaturerniedrigung wahrnehmbar macht.

Directe Untersuchungen, welche den Zweck hatten, die Menge der thierischen Wärme zu vergleichen mit der Menge der aufgenommenen Nahrungsmittel oder vielmehr mit deren Erwärmungswerth, haben zwar gelehrt, dass mindestens ein Zwanzigstel der von einem Organismus entwickelten Wärmemenge nicht von der Oxydation oder Verbrennung der aufgenommenen Nahrungsmittel abgeleitet werden könne (d. h. dass die Oxydation der Nahrungsmittel nur $^{19}/_{20}$ der thierischen Wärme zu erzeugen vermöge): allein hieraus darf keineswegs geschlossen werden, dass etwa eine besondre organische Kraft jenes Zwanzigstel thierischer Wärme erzeuge; denn man muss einerseits erwägen, dass die uns vorliegenden Fundamentalversuche, nach welchen wir die Wärmemengen aus gewissen Mengen oxydirter Stoffe zu berechnen pflegen, keineswegs so genau ausgeführt sind, dass sie der Berechnung als unzweifelhafte Unterlagen dienen könnten: andrerseits würde es aber geradezu auffallend sein, wenn im thierischen Organismus, wo so viel andre chemische Processe ihren Ablauf nehmen, nicht auch diese zur Entwicklung der thierischen Wärme beitrügen. Man braucht daher, um die Enstehung

jenes Zwanzigstels der thierischen Wärme zu erklären, noch keineswegs zu dem noch immer räthselhaften Nervenagens seine Zuflucht zu nehmen.

Wenn wir aber in dem Obigen (vergl. S. 43 u. 347) die Fette und Kohlenhydrate nicht bloss als Wärmeerregungsmittel gelten liessen, sondern denselben auch noch andre Functionen im Thierkörper zuschrieben: so gingen wir von dem Gesichtspunkte aus, die thierische Wärme nicht als Selbstzweck zu betrachten, nicht als letztes Ziel der Bewegungen stickstofffreier Materien. Die thierische Wärme steht nicht höher, als jede andere Erscheinung, jeder andre Erfolg, der sich uns im lebensthätigen Organismus kund giebt. Wirkung und Ursache zugleich geht sie, wie bei der Verbrennung, aus Processen hervor, auf die sie rückwärts wieder begünstigend einwirkt, ist sie nichts als die unvermeidliche Consequenz der chemischen Vorgänge im thierischen Organismus.

Ernährung.

Bei der Ernährung, welche eigentlich die Summe aller der bisher betrachteten thierischen Processe bildet, kommt zunächst das Verhältniss jener Stoffe in Frage, welche von aussen eingeführt, zur Erhaltung der thierischen Functionen dienen. Da die eiweissartigen Stoffe, die Fette, die Kohlenhydrate und gewisse Salze die Vermittler der thierischen Stoffmetamorphose bilden, so werden eben dieselben auch hauptsächlich in den zur Unterhaltung der Lebensfunctionen nöthigen Materien, d. h. in den Nahrungsmitteln enthalten sein müssen. Wird auch ein Theil des Zuckers, ein Theil des Fetts im thierischen Organismus gebildet, so reicht dessen Menge doch keineswegs aus, um den Lebenszwecken zu dienen. Die Erfahrung hat daher auch gelehrt, dass diejenigen Nahrungsmittel die besten und kräftigsten sind, in welchen sich Repraesentanten aus allen vier Classen jener wesentlichen Nährstoffe vorfinden; die Milch liefert uns hierzu das sprechendste Beispiel. Zahlreiche Versuche haben übrigens gelehrt, dass kein lebendes Wesen auf längere Zeit durch ein Nahrungsmittel ernährt werden kann, in welchem eine jener vier Gruppen von Nährstoffen nicht vertreten ist (*Tiedemann* und *Gmelin*, *Boussingault*, *Magendie* u. A.). Da jene vier Kategorien von Stoffen im thierischen Organismus während des Lebens fortwährend abgenutzt, umgewandelt und untauglich werden, so müssen sie vom Thierkörper zum Wiederersatz des Verlorengegangenen (sei dieses Flüssigkeit oder Gewebe, Ponderabel oder Imponderabel) und zur gleichmässigen Fortsetzung der Lebenserscheinungen in entsprechenden Proportionen wieder aufgenommen werden. Der Wiederersatz muss sich also nach dem Verbrauche richten.

Nährstoffe und Nahrungsmittel.

Der Begriff der Nahrhaftigkeit eines Nahrungsmittels wird immer ein sehr relativer sein, da dieselbe abhängig ist theils von der Proportion, in welcher die vier Grundlagen der Ernährung in ihm gemischt sind, theils von dem individuellen Bedürfnisse des zu nährenden Organismus. Zu einer wissenschaftlichen Beurtheilung des Nährver-

Nahrhaftigkeit der Nahrungsmittel.

mögens eines zusammengesetzten Nahrungsmittels werden also immer zwei Punkte in nähere Erwägung zu ziehen sein, nämlich einerseits dessen Gehalt an jenen vier Elementen der Ernährung und andrerseits die Umstände, unter denen der Organismus zur Erhaltung seiner Integrität sowohl als zur Hervorbringung gewisser Kraftwirkungen einen grössern oder geringern Bedarf an allen oder einzelnen jener Nahrungselemente zeigt. Die Beantwortung beider Fragen geht im Wesentlichen auf quantitative Untersuchungen hinaus; daher hauptsächlich statistisch-chemische Forschungen die Unterlagen für diesen Theil der Ernährungsphysiologie bilden. Es bedarf übrigens nach dem unter „Verdauung" Gesagten kaum der Erwähnung, dass die Verdaulichkeit auch einer der Factoren des Nährvermögens eines Nahrungsmittels ist; denn ein solches kann alle Nährelemente in richtiger Proportion enthalten und wird doch vielleicht im Nahrungswerthe anderen Nahrungsmitteln nachzusetzen sein, da in ihm die Nährstoffe den Verdauungsflüssigkeiten weniger zugänglich sind.

Bestimmungen des Nahrungswerthes nach dem Stickstoffgehalte

Um ungefähre Bestimmungen für den Nahrungswerth verschiedener Nahrungsmittel zu gewinnen, hat man seine Aufmerksamkeit im Allgemeinen mehr auf den Gehalt eines Nahrungsmittels an stickstoffhaltigem Material gerichtet und deshalb in dem Stickstoffgehalte eines solchen einen Maassstab für seine Nährkraft zu finden geglaubt; allein abgesehen davon, dass die stickstoffhaltigen Materien allein zur Ernährung keineswegs ausreichen, so kann der Stickstoffgehalt um so weniger die Nährkraft bestimmen, als einerseits z. B. leimgebende Materien offenbar einen weit geringern Nahrungwerth haben, wie die Proteïnkörper, und als andrerseits gerade bei diesen ausserordentlich viel von dem Grade ihrer Verdaulichkeit abhängt.

In dieser Richtung sind Versuche ausgeführt worden von *Boussingault*, *Thompson*, *Schlossberger* und *Döpping*, *Jul. Lefort*, *Schlossberger* und *Kemp*.

Man musste daher neben diesen stickstoffhaltigen, der Regeneration der Gewebe dienenden und darum plastisch genannten Nährstoffen auch jene stickstofffreien, digestibeln Stoffe berücksichtigen, die schliesslich vorzugsweise zur Unterhaltung der thierischen Wärme dienen (*Liebig* und *Horsford*, *Krocker*, *Poggiale*).

oder dem Gehalte an plastischen stickstoffhaltigen und stickstofffreien Stoffen.

So evident wir nun auch nach dem sowohl, was wir bereits über den thierischen Stoffwechsel im Allgemeinen erfahren haben, als nach dem, was directe an Thieren angestellte Versuche lehren, zu der Ueberzeugung gelangt sind, dass auch die Salze in den Nahrungsmitteln nicht fehlen dürfen und deren Nahrungswerth wesentlich bedingen: so erstrecken sich doch die genauern bisher zur Aufstellung des Nahrungswerths verschiedener Nahrungsmittel angestellten Versuche nur auf das relative Verhältniss zwischen plastischen Nährstoffen und stickstofffreien Materien, nämlich Fette und digestible Kohlenhydrate; ja bei Entwerfung entsprechender Reihen musste sogar wegen Mangel an hinlänglich genauen Bestimmungen der Fettgehalt übersehen oder dieser seiner

Wärmeerzeugungsfähigkeit nach auf Kohlenhydrat reducirt werden, wie in folgender Tabelle, wo 10 Th. Fett in dieser Beziehung als aequivalent 24 Th. Stärkmehl berechnet sind (*Liebig*). Das Gewichtsverhältniss der plastischen zu den stickstofffreien Nährstoffen ist demnach in folgenden Nahrungsmitteln:

	plastische		stickstofffreie	
Kuhmilch	= 10	:	30	= { 8,8 Fett; 10,4 Milchzucker
Frauenmilch	= 10	:	40	
Linsen	= 10	:	21	
Pferdebohnen	= 10	:	22	
Erbsen	= 10	:	23	
Schaffleisch (gemästet)	= 10	:	27	= 11,25 Fett
Schweinefleisch (gemästet)	= 10	:	30	= 12,5 ,,
Ochsenfleisch	= 10	:	17	= 7,08 ,,
Hasenfleisch	= 10	:	2	= 0,83 ,,
Kalbfleisch	= 10	:	1	= 0,41 ,,
Waizenmehl	= 10	:	46	
Hafermehl	= 10	:	50	
Roggenmehl	= 10	:	57	
Gerste	= 10	:	57	
Weisse Kartoffeln	= 10	:	86	
Blaue Kartoffeln	= 10	:	115	
Reis	= 10	:	123	
Buchwaizenmehl	= 10	:	130	

Kohlenhydrate können die Fette in einem Nahrungsmittel nur unvollkommen ersetzen.

Eine spätere Ernährungsphysiologie dürfte sich aber nicht mit diesen Daten begnügen; mögen wir auch durch dieselben eine ungefähre Anschauung über den Werth eines Nahrungsmittels als plastischen Stoffs und als Respirationsmaterials erhalten: so wissen wir doch, dass Fette und Kohlenhydrate im Thierkörper noch ganz specifische Functionen auszuführen haben; ja directe Versuche lehren schon, dass die Kohlenhydrate in einem Nahrungsmittel nicht vollkommen die Fette ersetzen können. Wir vermögen daher auch heute noch nicht die **Proportion jener vier Nährstoffe in einem Nahrungsmittel anzugeben, welche für die Zwecke des Lebens die günstigste ist**; zahlreiche und umständliche Versuche würden hierzu noch nöthig sein. Wir können uns deshalb, um wenigstens ein ungefähres Bild von der Mischung jener vier Körpergruppen zu erlangen, wie es dem Gedeihen des menschlichen Organismus beim Wachsthum am besten zusagt, nur an die Constitution des von der Natur selbst dem Kinde gelieferten Nahrungsmittels, der Frauenmilch, halten; darnach würde die günstigste Proportion zwischen den vier Nährelementen folgende sein: zu 10 Th. plastischen Stoffs gehörten 10 Th. Fett, 20 Th. Zucker und 0,6 Th. Salze.

Günstigste Mischung der Nährstoffe im Nahrungsmittel.

Die Mischung der Nährstoffe

Es liegen uns übrigens mehrfache, wenn auch nicht sehr zahlreiche Versuche vor, aus denen hervorgeht, dass in der Nahrung eines Thiers keiner jener vier Factoren der Ernährung fehlen darf, damit dasselbe am Leben erhalten werde; so gingen z. B. Turteltauben bei Fütterung mit Proteïnsubstanzen und Zucker unter denselben Erscheinungen zu Grunde, als wenn sie gar keine feste Nahrung erhalten hätten (*Letellier*). Ja selbst wenn alle Ernährungsfactoren mit der Nahrung einem Thiere zugeführt werden, der eine aber vor den andern sehr überwiegend ist, geht die Ernährung nur sehr unvollkommen von Statten; so wurden z. B. Kartoffeln und Runkelrüben allein völlig unzureichend gefunden, um eine Kuh zu ernähren (*Boussingault*).

ist sehr von den innern Zuständen des Organismus abhängig.

Wenn wir aber die günstigste Mischung der Nährstoffe zu ermitteln suchen, dürfen wir nicht glauben, dass diese für alle Verhältnisse eine und dieselbe bleiben werde; die Proportionen der Nährstoffe werden sich im Gegentheil ändern müssen, je nach dem Zustande, in welchem sich der zu nährende Organismus befindet; die Bedürfnisse desselben werden nämlich ebensowenig immer eine und dieselbe Proportion jener Mischung erfordern, als etwa das Bedürfniss nach Nahrung überhaupt sich im Betreff der absoluten Quantitäten gleich bleibt. Schon an der Milch sahen wir, wie mit dem Wachsthum des Kindes sich die Milch der Mutter in bestimmten Proportionen ändert. Das Verhältniss der Bestandtheile dieser Nahrungsflüssigkeit, welches dem Neugebornen dargeboten wird, ist ein ganz andres (obwohl für diesen immer dasselbe), als jenes, welches wir in dem dem länger luftathmenden Thiere zufliessenden Safte vorfinden.

Wie verschieden ist ferner die Proportion jener Bestandtheile in der Milch verschiedener Thiere? Hängt dieselbe auch zum Theil von der Art der Nahrung des Mutterthiers ab, so gilt doch auch hier für gleiche Verhältnisse des Säuglings die gleiche Proportion.

So haben z. B. genauere Versuche von *Fr. Crusius* erwiesen, dass der Nahrungswerth der Kuhmilch in verschiedene Perioden des Säugens ein sehr verschiedener ist.

Es kann also kein Zweifel mehr darüber obwalten, dass gerade die Proportionen, in welchen die vier Kategorien von Nährstoffen in der Nahrung gemischt sind, den entschiedensten Einfluss auf das Gedeihen des Organismus ausüben und dass für die Stoffmetamorphose gerade das Ineinandergreifen der verschiedenen Ernährungsfactoren das wesentliche ist. So grosse Schwankungen die Natur auch in den Proportionen gestattet, so wirkt ein unverhältnissmässiges Ueberwiegen des einen oder des andern Factors doch immer nachtheilig auf den gehörigen Ablauf des Ernährungsprocesses; es kann daher auch kein einzelner Abschnitt desselben ohne Concurrenz aller jener Factoren von Statten gehen; so lehren z. B. alle über die Mästung angestellten Versuche, dass zur Fettbildung im Thierkörper die Kohlenhydrate allein nicht ausreichen; damit Fett gebildet werde, müssen Proteïnkörper ebensowohl

als Salze mit in die Metamorphose eingreifen; nur durch Wechselwirkung dieser Stoffe ist eine Entstehung von Fett möglich; ja eine geringe Quantität von aussen zugeführten Fetts scheint den Versuchen zufolge selbst zu diesem Processe wo nicht nothwendig, doch förderlich zu sein.

Grösse des Nahrungsbedürfnisses.

Besser, als über die günstigste Proportion in der Mischung der Nährstoffe, sind wir über die absoluten Quantitäten von Nahrung unterrichtet, welche zur Erhaltung des Lebens und zur energischen Vollführung aller Functionen desselben erforderlich sind. Indessen können wir auch in Betreff dieser Frage nicht behaupten, dass sie nach allen Seiten hin eine vollständige Beantwortung in den vorliegenden, zahlreichen Untersuchungen gefunden habe. Um zur Bestimmung der dem thierischen Organismus nöthigen Nahrungsmengen zu gelangen, hat man die Ausscheidungen desselben quantitativ ermittelt und sie mit den Mengen aufgenommener Nahrungsmittel verglichen. Man ging dabei von dem Gesichtspunkte aus, dass das Nahrungsbedürfniss sich nach der Grösse des Verlustes richte, allein so einfach und richtig dieser Gedanke für den ersten Blick erscheint, so viel Schwierigkeiten bieten sich doch seiner Ausführung dar. Die Ausscheidungen hängen nämlich weit mehr von der Menge der aufgenommenen Nahrungsmittel ab, als das Bedürfniss der Nahrungsmittel von der Grösse der Ausscheidungen; denn wir haben sowohl bei Betrachtung der Harnexcretion als der Respiration gesehen, dass weit mehr Nährstoffe aufgenommen werden können, als zur Unterhaltung der thierischen Functionen nöthig sind und dass dann auch die Excrete in einer der Menge der aufgenommenen Nahrungsmittel ziemlich entsprechenden Proportion gebildet werden. Man hat daher sogenannte Inanitionsversuche angestellt, d. h. Thieren alle Nahrung entzogen und deren Excrete im Zustande des Hungerns quantitativ bestimmt. Man gelangt auf diese Weise allerdings zur Erkenntniss der Minimalquantitäten von Nährstoffen, deren der Organismuss zum Fortbestehen des Lebens bedarf: allein derartige Versuche bieten keine Garantien für die Mengen von Nahrung, welche nothwendig sind, um ein Thier in völligem Wohlbefinden und in vollem Gebrauch seiner nach aussen wirksamen Kräfte zu erhalten. Würde man ein Thier nur mit solchen Quantitäten Nahrung versehen, wie sie den bei Inanitionsversuchen gefundenen Mengen der Excrete entsprechen, so würde dasselbe ein mehr als kümmerliches Dasein fristen und nicht zum vollen Gebrauch seiner Kräfte gelangen können.

Bestimmung der Minimalquantitäten der Nahrung.

Würde man dagegen einem Thiere so viel Nahrung gestatten, als demselben zu verzehren beliebt, so würde der schon oben berührte Fall eintreten, dass weit mehr Nahrung aufgenommen, verdaut und resorbirt würde, als zur energischsten Ausführung seiner Functionen nothwendig wäre. Es würde dann eine sogenannte Luxusconsumtion statt-

Maximalquantitäten assimilirbarer Nahrung bei Luxusconsumtion.

finden, vermöge deren ein sehr grosser Theil der resorbirten Nährstoffe entweder unverändert wieder ausgeschieden wird oder wenigstens nicht zur Bildung von Zellen, Fasern und Geweben gelangt (*Boussingault, Playfair, Thompson, Payen* u. *Gasparin*, *Persoz, Bidder* u. *Schmidt* u. A.). Man würde auf diese Weise höchstens die Maximalmengen der Nährstoffe erfahren, die in den allgemeinen Stoffwechsel einzutreten vermögen.

Die Ermittlung der Maximalquantitäten hat indessen ebensogut ihren Werth, als die der Minimalmengen. Bei diesen Versuchen sind aber zwei Umstände nicht zu übersehen, sobald sie zu brauchbaren Resultaten führen sollen; nämlich erstens darf das solchen Versuchen unterworfene Thier nicht noch im Wachsthum begriffen sein, und zweitens darf nicht jener Zustand eintreten, den man gewöhnlich mit dem Namen der Mästung bezeichnet. In beiden Fällen geht uns durch das Zurückbleiben assimilirten Nahrungsstoffs im Körper jeder Maassstab zur Beurtheilung der Grösse des eigentlichen Stoffwechsels verloren.

Arbeitsconsumtion.

Es versteht sich fast von selbst, dass bei grösserer Energie aller Lebensfunctionen, bei bedeutenden oder anhaltenden Kraftäusserungen eine grössere Consumtion stattfindet als im Zustande der Ruhe oder passiven Hinvegetirens; das Nahrungsbedürfniss mehrt sich also mit der Zunahme der Thätigkeit nach Aussen; wir können diesen Fall den der Arbeitsconsumtion nennen.

Schwierigkeit der Ermittlung bestimmter Zahlenwerthe für das Nahrungsbedürfniss.

Aus dem allen geht soviel hervor, dass das Nahrungsbedürfniss ausserordentlichen Schwankungen unterliegt und dass es gerade deshalb äusserst schwierig ist, bestimmte Zahlenwerthe aufzustellen, welche die Quantitäten der nothwendigen Nahrung bezeichnen sollen.

Solche Versuche, in diesem Sinne nach der statistischen Methode ausgeführt, würden zu weit exacteren und schlussfertigern Resultaten über die Ernährung des thierischen Organismus geführt haben, wenn man zwei andre für die Erkenntniss des Ernährungsprocesses höchst wichtige Momente hätte in nähere Erwägung ziehen können: diess ist nämlich erstens die Kenntniss der Mengen der einzelnen Nährstoffe, welche im Darme zur Resorption gelangen können, und zweitens die der Veränderungen, welche das Blut in Folge des Genusses gewisser Quantitäten verschieden gemischter Nahrung erleidet. Man hat zwar über beide Fragen ebenso mühsame als sorgfältige Versuche angestellt, allein dieselben besitzen doch nicht den Grad der Genauigkeit und Uebereinstimmung, dass sie für Deutung des Ernährungsprocesses genügend verwerthet zu werden vermöchten.

Mengen der einzelnen im Darme zur Resorption gelangenden Nährstoffe.

Nach Versuchen, die man an Enten ausgeführt hat (*Boussingault*), lässt sich berechnen, dass im Darm eines Thiers die Nährstoffe ungefähr in folgenden Proportionen resorbirt zu werden vermögen:

Proteïnsubstanz . . . 100
Leim 336

Fett	65
Stärkmehl	401
Zucker	429

Aus andern Versuchen (leider an verschiedenen Säugethieren angestellt) lässt sich berechnen, dass 1 Klgrm. Thier innerhalb 1 St. vom Darmcanale aus nur folgende Mengen von Nährstoffen aufzunehmen vermag:

Proteinsubstanz	0,710 grm.
Fett	0,465 ,,
Zucker . . .	4,500 ,,

Einfluss der Nahrung auf die Constitution des Bluts.

Noch weniger ist man zu bestimmten Zahlenwerthen rücksichtlich des Einflusses der Nahrung auf die chemische Constitution des Blutes gelangt, wie folgende Resultate der hierauf bezüglichen Untersuchungen lehren: nach animalischer Nahrung nimmt das Senkungsvermögen der Blutkörperchen zu, die Farbe des Bluts wird etwas dunkler, die Gerinnung um ein weniges beschleunigt; der Faserstoffgehalt des Blutes wird vermehrt, so wie auch der Gehalt an Phosphaten und Salzen überhaupt (*H. Nasse*).

Fettreiche Nahrung bedingt schon nach einer Stunde Vermehrung des Fetts im Blute; dasselbe vermindert sich aber sehr bald wieder; durch längern Genuss fettreicher Nahrung wird der mittlere Fettgehalt des Blutes nicht vermehrt (*H. Nasse*).

Vegetabilische Kost macht das Blut etwas heller, vermindert das Senkungsvermögen der Körperchen; der Gehalt des Bluts an Faserstoff wird nicht verändert, der an Fett und Salzen, namentlich Phosphaten, etwas verringert (*H. Nasse*).

Nach der letzten Mahlzeit nimmt die Menge der festen Bestandtheile des Bluts bis zur neunten Stunde zu; dann fängt sie an wieder zu sinken (*H. Nasse*).

Wir sind demnach ausser Stande, auf diesem Wege die Umwandlung der Nährstoffe in ihren einzelnen Phasen zu verfolgen, und sind deshalb zur Beurtheilung des quantitativen Stoffwechsels nur auf die folgenden statistischen Untersuchungen angewiesen.

Wie vertheilen sich die Trümmer der Nährstoffe in den Excretionen.

Eine der ersten Fragen, die man nach quantitativen Versuchen über die Einnahmen und Finalausgaben eines Organismus zu beantworten suchte, war die: wie vertheilen sich in den Excretionen die Spaltungsproducte, in welche die Nährstoffe während ihres Dienstes im Körper zerfielen? Eine kurze und allgemein gefasste Beantwortung dieser Frage ist bis jetzt noch nicht möglich geworden, da die hieher gehörigen Versuche an sehr verschiedenen Thieren bei verschiedenen Mengen verschiedenartiger Nahrung und unter andern verschiedenen Verhältnissen ausgeführt worden sind (*Barral*, *Valentin*, *Boussingault*, *Sacc*, *Bidder* und *Schmidt*). Wir dürfen daher zur Zeit noch nicht wagen, z. B. für den Menschen, gewisse Zahlenwerthe für die Aufnahme fester und flüssiger Nahrungs-

mittel und die Vertheilung der Endumwandlungsproducte in den Excreten aufzustellen. Denn je nach der Natur der Nahrung ergeben sich z. B. bei Carnivoren und Herbivoren rücksichtlich der Vertheilung der Elemente in den Excreten sehr erhebliche Differenzen. Ist auch die Ursache solcher Differenzen oft leicht erklärlich, so verhindern sie doch meistens fast jeden Vergleich. Sucht man z. B. die Elemente der Nahrung in den Ausscheidungen wieder auf, so zeigt sich, dass bei Fleischfressern viel mehr von der aufgenommenen Nahrung in den Harn und in die Transspiration übergeht, als bei Pflanzenfressern. Diese Differenz rührt aber nicht etwa von einer wesentlichen Verschiedenheit im Stoffwechsel der Thiere beider Kategorien her, sondern ist davon abzuleiten, dass den Herbivoren eine grosse Menge unverdauliches oder wenigstens den Verdauungssäften nicht zugängliches Material in der Nahrung zugeführt wird, was demnach unverändert in den festen Excrementen wieder erscheint.

Verschiedenheit im quantitativen Stoffwechsel bei Carnivoren und Herbivoren, betreffs der Elemente:

Sehen wir aber von diesem Verhältnisse ab, so stellen sich nach den bis jetzt der Wissenschaft vorliegenden Versuchen doch einige Unterschiede im quantitativen Stoffwechsel bei Herbivoren und Carnivoren heraus. Bei erstern wird nämlich vom Darme aus weit weniger Wasser absorbirt, als bei Fleischfressern. Der Unterschied ist sehr gross; so wird bei Pferden und Kühen nur die Hälfte des in den Darm gebrachten Wassers aufgesogen, bei Hunden und Katzen dagegen $^{17}/_{20}$. Ferner gehen bei Pflanzenfressern nur 15 bis 20% des absorbirten und aus den Elementen erzeugten Wassers durch die Nieren ab, während bei Fleischfressern ungefähr 80 % in den Harn übergehen (*Valentin, Bidder und Schmidt*).

Wasser.

Kohlenstoff.

Dass der absorbirte Kohlenstoff bei Herbivoren in weit grösserer Menge als bei Carnivoren durch die Lungen ausgeschieden wird (das Verhältniss des Kohlenstoffs im Harn zu dem der exspirirten Luft ist bei ersteren = 1 : 19, bei letzteren = 1 : 9,5), dürfte nur in der stickstoffhaltigen Nahrung der Carnivoren liegen, da deren Umwandlungsproduct, der Harnstoff, eine Menge Kohlenstoff unoxydirt mit fortführt, während die Kohlenhydrate vollständig zu Kohlensäure und Wasser verbrennen, wovon die erstere fast nur durch die Respiration aus dem Körper entweicht. Besondre Organisationsverhältnisse dürften aber wohl kaum der Grund dieser Erfahrung sein (*Valentin*).

Wasserstoff.

Ein ähnliches Verhältniss finden wir bei den Thieren verschiedener diaetetischer Kategorien rücksichtlich des Wasserstoffs; das Verhältniss des durch den Urin ausgeschiedenen ist bei Pflanzenfressern = 1 : 23,0, bei Fleischfressern = 1 : 3,3. Der Grund dieser Differenz ist derselbe, welcher die Differenz in den Ausscheidungsmengen des Kohlenstoffs bedingt (*Valentin*).

Stickstoff.

Auch in Bezug auf die Verhältnisse der Stickstoffausscheidung findet ein auffallender Unterschied je nach der diaetetischen Kategorie der Thiere statt; Pflanzenfresser scheiden von 100 Th. mit

den Proteïnkörpern resorbirten Stickstoffs oft gegen 40 % durch Respiration und Perspiration aus, Fleischfresser dagegen kaum 1 %. Die Ursache dieser Differenz ist nicht ganz klar; man müsste denn annehmen, dass im Organismus der Herbivoren der Oxydationsprocess so ergiebig wäre, dass ein grosser Theil Harnstoff, der bei Carnivoren als solcher durch den Harn ausgeschieden wird, noch zerlegt werde, wofür das gänzliche Fehlen der Harnsäure im Harn pflanzenfressender Säugethiere einigermaassen sprechen würde. Dass die Hautabschuppung oder das Wachsthum und der Abgang der Haare, die viel Stickstoff consumiren, bei Herbivoren stärker als bei Carnivoren sei und deshalb jene eigenthümliche Differenz bedinge, ist man wenigstens andern Erfahrungen nach nicht berechtigt anzunehmen (*Valentin*).

Die Harnstoffmenge, ein unsicheres Maass des thierischen Stoffwechsels.

Wenn man aus weiter unten zu erwähnenden Versuchen schliessen zu dürfen glaubt, dass bei Fleischfressern sämmtlicher mit der Nahrung aufgenommener Stickstoff durch den Harn unter der Form von Harnstoff ausgeschieden wird (*Bidder* und *Schmidt*): so haben doch andre Versuche (*Bischoff*, vergl. S. 281 f.) gelehrt, dass hauptsächlich bei kärglicher Fütterung mit Fleisch ein grosser Theil des mit diesem aufgenommenen Stickstoffs nicht als Harnstoff im Harn erscheint. *Bischoff* gelangte nämlich zu folgenden Resultaten: relativ und absolut am grössten war jenes Deficit (²/₃ des aufgenommenen Stickstoffs) bei ungnügender Fleischnahrung; geringer (¹/₃ des aufgenommenen Stickstoffs) bei gerade ausreichender Fleischnahrung; bei sehr reichlicher Fleischkost dagegen war es relativ und absolut verringert. Wurde neben Fleisch von den Hunden gleichzeitig Fett verzehrt, so war jenes Deficit weit geringer, so dass dann in der That fast aller Stickstoff als Harnstoff im Harn erschien. Es dürfte hieraus wohl die Lehre zu entnehmen sein, dass aus der Menge des im Harn enthaltenen Harnstoffs nicht ohne Weiteres auf die Grösse des die stiskstoffhaltigen Materien betreffenden Stoffwechsels geschlossen werden kann.

Schon vor *Bischoff's* Forschungen war im Jahr 1842 bei Versuchen über den Einfluss verschiedener Kost auf die Harnexcretion [1]) nachgewiesen worden, dass z. B. nach ausschliesslichem Genusse von Hühnereiern nur ⁵/₆ des in diesen enthaltenen Stickstoffs im Harn als Harnstoff wieder erscheinen, also ¹/₆ auf andern Wegen, d. h. mit den Excrementen, mit dem Epithelium der Epidermis, mit der Haut- und Lungenausdünstung ausgeschieden werden müsse. *Bischoff* erforschte im J. 1853 diesen Gegenstand genauer und gelangte zu den oben angeführten Resultaten, während *Bidder* und *Schmidt*, so wie jüngst *Voit* unter *Bischoff's* Leitung den Stickstoff der Nahrungsmittel fast vollständig in den Harn unter der Form von Harnstoff übergehen sahen. Bei der Erklärung jenes Deficits von Stickstoff ist allerdings zunächst zu erwägen, dass die täglich von Menschen wie von Thieren abgesonderten Mengen der 17 % Stickstoff enthaltenden Epidermisschuppen und Haare keineswegs so gering sind, als man dem Augenscheine nach zu schliessen geneigt

1) Journ. f. pr. Ch. Bd. 17, S. 257—274.

sein dürfte, und dass ausser den geringen Mengen Stickstoff, welche in den festen Excrementen und in der exspirirten Luft enthalten sind, durch die Hautausdünstung noch viel unter der Form von kohlensaurem Ammoniak abgeschieden wird; ja seit *Funke* im Schweiss einen constanten Harnstoffgehalt nachgewiesen hat, möchte man jenes Verschwinden von Stickstoff für völlig erklärt halten. Freilich schwitzen die Hunde im gewöhnlichen Sinne des Wortes nicht; allein dass auch sie eine stickstoffhaltige Hautabsonderung haben, ist leicht nachzuweisen. Die oben erwähnten Versuche während der Eierkost waren übrigens an einem Menschen während eines heissen Sommers angestellt, wo reichlicher Schweiss abgesondert wurde.

Elementarausscheidung bei Inanitionsversuchen,

Bei der Inanition d. h. wenn der Stoffwechsel im Organismus seinen Ablauf nimmt ohne Ersatz von aussen, sind die Proportionen der Elemente des Harns zu denen der Perspiration fast genau dieselben, wie bei Ernährung mit fetthaltigem Fleische: aus dem einfachen Grunde, weil der verhungernde Organismus gewissermaassen von seinem eigenen Fleische zehrt (*Chossat*, *Bidder* und *Schmidt*).

bei Ableitung der Galle nach aussen.

Ein interessantes Verhältniss der Elementarausscheidung stellt sich heraus, wenn die Galle, anstatt sich in den Darm zu ergiessen, durch eine Gallenblasenfistel nach aussen abgeleitet wird. Mag die Menge aufgenommener animalischer Nahrung so bedeutend oder so gering sein als sie wolle, so werden doch constant 10 bis 12% vom resorbirten Kohlenstoff und 11 bis 13% vom aufgenommenen Wasserstoff durch die Galle ausgeschieden; durch den Harn werden aber Kohlenstoff und Wasserstoff in derselben Proportion excernirt, wie wenn die Galle in den Darm ergossen und daselbst resorbirt wäre; der durch die Gallenableitung entstehende Verlust an Kohlenstoff und Wasserstoff fehlt lediglich den Producten der Respiration, also ein Beweis, dass die abgesonderte Galle nach ihrer Wiederaufsaugung im Darme lediglich dem Respirationsprocesse anheimfällt. Vom aufgenommenen Stickstoff gehen nur 3,0 bis 3,2% in die Galle über und diese vermisst man bei Ableitung der Galle nach aussen nur im Harne (*Bidder* und *Schmidt*).

Stoffumsatz bei Fleischfressern nach Aufnahme des Nahrungsminimums.

Nach Versuchen an Katzen hat sich herausgestellt, dass das Nahrungsminimum für Fleischfresser in 24 Stunden ungefähr $^1/_{28}$ und der zu dessen Consumtion nöthige Sauerstoff ungefähr $^1/_{55}$ des Körpergewichts beträgt. Beim Hungern dagegen verliert der Körper der Fleischfresser (zwischen dem dritten und neunten Tage der Inanition) in 24 Stunden nur etwa $^1/_{46}$ seines Gewichts. Manche Fleischfresser (z. B. die Katzen) vermögen jedoch soviel animalische Nahrung in ihren Stoffwechsel aufzunehmen, dass diese $^1/_8$ und der dazu nöthige Sauerstoff $^1/_{24}$ ihres Körpergewichts beträgt. Diese Zahlen sind jedoch nur als ungefähre Normen zu betrachten, da in andern Versuchen sich andre von diesen sich ziemlich entfernende Verhältnisse herausgestellt haben (*Bidder* und *Schmidt*).

Vergleicht man die Excretionsproducte bei kärglicher und bei reichlicher Fleischfütterung, so zeigt sich zunächst, dass die Mengen der Ausscheidungen so ziemlich in geradem Verhältnisse zu der Menge der

aufgenommenen Nahrung stehen, dass also die Vermehrung oder Verminderung der animalischen Nahrung ohne Einfluss ist auf die Proportionen zwischen den einzelnen Excretionen oder auf deren Qualität; in allen Fällen verhält sich der bei der Respiration absorbirte Sauerstoff zu dem in der Kohlensäure exspirirten = 100 : 79,3 (*Bidder* u. *Schmidt*).

Stoffumsatz bei Aufnahme des Nahrungsmaximums.

Bei Mehraufnahme von animalischer Nahrung ändert sich aber das Verhältniss zwischen exspirirter Kohlensäure und exspirirtem Wasser; bei kärglicher Fleischnahrung wird nämlich im Verhältniss zur Kohlensäure mehr Wasser exspirirt als bei reichlicher Fleischnahrung; im letztern Falle geht relativ mehr Wasser durch Nieren und Faeces ab; bei kärglicher Fleischnahrung und gänzlicher Entziehung des Trinkwassers ändert sich die Proportion zwischen exspirirter Kohlensäure und exspirirtem Wasser dahin, dass hier relativ zur Kohlensäure weit mehr durch die Haut und Lungen fortgeht (*Bidder* und *Schmidt*).

Folgende tabellarische Anordnung der aus directen Beobachtungen entlehnten Zahlen lässt die hier angedeuteten Verhältnisse wohl am besten übersehen:

I. betrifft den Stoffumsatz bei Aufnahme des Nahrungsminimums und beliebiger Wasseraufnahme;

II. Möglichste Nahrungssteigerung mit ungehinderter Wasseraufnahme;

III. Normale Fleischfütterung ohne Wasseraufnahme.

Einnahmen und Ausgaben.	I.	II.	III.
Fleisch (als trocken berechnet)	100,0	100,0	100,0
Absorbirter Sauerstoff	167,0	166,0	167,3
Fester Rückstand des Harns	31,3	30,4	30,6
,, ,, der Faeces	1,7	2,5	1,7
Exspirirte Kohlensäure	182,0	181,4	182,6
Exspirirtes Wassergas	137,6	76,4	132,6

Spaltungsproducte der Fleischnahrung im Thierkörper.

Unter diesen verschiedenen Verhältnissen unterliegt also das genossene Fleisch im Organismus einem und demselben Verbrennungsprocesse, gleich einer Elementaranalyse, d. h. 1 Th. trockne Fleischsubstanz wird in dem einen wie im andern Falle unter Mitwirkung von 1,67 Th. Sauerstoff in 0,31 Th. Harnsubstanzen, 0,02 Th. Faecalmaterie und 1,82 Th. Kohlensäure zerlegt (*Bidder* und *Schmidt*).

Da das zu solchen Versuchen verwendete, magere Fleisch 19,56 % albuminöse und leimgebende Substanz, 4,74 % Fett, 1,00 % unorganische Stoffe und 74,70 % Wasser enthält, im festen Harnrückstande nach Genuss solchen Fleisches durchschnittlich 85,5 % Harnstoff und 14,5 % Salze (worin 2,3 % Schwefelsäure), in den trocknen festen Excrementen aber ungefähr 63 % Gallenresiduen enthalten sind; so ergiebt sich folgende Bilanz für 1000 grm. eines Carnivoren, wenn wir an-

nehmen, dass derselbe in 24 Stunden 50 grm. mageres Fleisch consumire:

1000 grm. Thier consumiren binnen 24 Stunden	Wasser	Album. u. leimgeb. Substanz.	Fett	Salze
50,000 grm. Fleisch 21,125 grm. Sauerstoff 71,125 grm. in Summa.	37,350	9,780	2,370	0,510

1000 grm. Thier excerniren binnen 24 Stunden	Wasser	Kohlensäure	Harnstoff	Salze	Darm-excr.	Galle
39,468 grm. Perspiration	16,445	23,023				
30,761 grm. Harn	26,839		3,53	0,569		
0,806 grm. Faeces	0,681			0,041	0,039	0,135
71,125 grm. in Summa.	43,965			0,610		

Dass das Plus von Wasser = 6,615 grm. in den Ausgaben dem durch die Respiration gebildeten Wasser entspricht, bedarf kaum der Erwähnung; die Zunahme der Salze um 0,100 grm. hat ihren Grund in der Oxydation des Schwefels der Albuminate (*Bidder* und *Schmidt*).

Die Versuche an lebenden Thieren, besonders aber Ernährungsversuche bieten immer grosse Schwierigkeiten dar, nicht etwa deshalb, weil die dabei nöthigen Operationen und Manipulationen eine ungewöhnliche Dexterität verlangten, sondern vielmehr deshalb, weil man selbst bei der umständlichsten Sorgfalt und umsichtigsten Ausführung nicht immer die gleichen Bedingungen herzustellen und alle zufälligen Einflüsse auszuschliessen vermag. So fanden z. B. *Bidder* und *Schmidt*, dass 1 Klgrm. Hund durchschnittlich (im Mittel vieler Versuche an verschiedenen Hunden) ungefähr 50 grm. Fleisch bedürfe (vergl. obige beispielsweise Berechnung der Einnahmen und Ausgaben), um sein Körpergewicht zu erhalten. *Bischoff* fand dagegen die nöthige Fleischmenge viel geringer (15 und 42,5 grm.) *Voit's* Resultate ähnlicher Versuche nähern sich wieder mehr denen von *Bidder* und *Schmidt*. Es ist leicht erklärlich, dass in diesen Fällen die Differenzen abhängig sind von der sog. Individualität der Thiere d. h. von dem Alter, Geschlecht, der Grösse (kleine Thiere consumiren relativ viel mehr als grössere), Temperament u. s. w.

Einfluss stickstofffreier Nahrung auf den Stoffwechsel stickstoffhaltiger Körperbestandtheile.

Die Metamorphose der stickstoffhaltigen Materien im Thierkörper wird übrigens durch den gleichzeitigen Genuss von stickstofffreien Nahrungsmitteln wesentlich modificirt. Der Fettgenuss beschränkt z. B. unter allen Umständen den Umsatz stickstoffhaltiger Materien des Körpers; so wird z. B. bei völligem Hungern mehr Harnstoff ausgeschieden, als wenn nur stickstofffreie Nahrung genossen wird. Gewöhnlich wird bei Genuss fettreicher Fleischnahrung

weit weniger Harnstoff ausgeschieden als der Menge der aufgenommenen Proteïnkörper entspricht: allein zuweilen wird auch etwas mehr Harnstoff ausgeschieden als bei reiner Fleischkost, weil nämlich durch das Fett jenes Deficit von Stickstoff vermindert wird. Hauptsächlich können aber die Mengen ausgeschiedenen Harnstoffs allein deshalb nicht als Maassstab für die Metamorphosen des aufgenommenen stickstoffhaltigen Materials dienen, weil selbst bei ausgewachsenen und alten Thieren sich bald mehr bald weniger stickstoffhaltiges Material als Gewebe ablagert und so im Körper zurückbleibt. Denn man darf übrigens nicht vergessen, dass bei überschüssiger Fettnahrung oft stickstoffhaltiges Material zur Bildung von Fettzellen und dagegen bei überschüssiger Fleischnahrung das in den Körper eingeführte oder dort gebildete Fett zum Ansatz stickstoffhaltiger Gewebstheile verwendet wird.

Schwierigkeit des Urtheiles über die Grösse des Stoffwechsels.

Solche Rücksichten sind es, welche ein richtiges Urtheil über die Grösse des Stoffwechsels selbst nach den exactesten statistischen Versuchen erwähnter Art ausserordentlich erschweren. Darum müssen auch eine Menge der wichtigsten den thierischen Stoffwechsel betreffenden Fragen durchaus noch unbeantwortet bleiben und für weitere Forschungen offen gelassen werden; so ist z. B. die so einfache Frage, ob alle in der Nahrung aufgenommenen Proteïnkörper erst in Gewebsstoffe umgewandelt werden müssen, ehe sie Harnstoff bilden, oder ob sie unmittelbar im Blute zu Harnstoff, Kohlensäure und Wasser zerlegt werden können, durchaus noch nicht mit Entschiedenheit zu beantworten. Die positiven Ergebnisse der bisherigen Versuche lassen so viele Deutungen zu, dass man selbst durch logische Finessen nicht einmal zu einem Grade von relativer Wahrheit gelangen kann.

Es mag diess als ein weiteres Beispiel der Schwierigkeiten dienen, welche sich dem Streben der Forscher entgegenstellen, die Versuche so an lebenden Thieren auszuführen, dass sie zu bestimmten, unzweifelhaften Schlussfolgerungen berechtigen. Wie könnte es sonst vorkommen, dass aus einer und derselben Beobachtung gerade die entgegengesetzten Schlüsse gezogen würden. Während bei der oben berührten Untersuchung (über den Einfluss reiner Fleischkost auf die Harnsecretion) aus der ausserordentlich schnell eintretenden Vermehrung des Harnstoffs im Harn (so dass der Harn auf Zusatz von Salpetersäure fast erstarrte von ausgeschiedenem salpetersauren Harnstoff) geschlossen worden war, dass die stickstoffhaltigen Nahrungsmittel vor ihrer Ausscheidung durch den Harn nicht erst in Gewebsstoffe umgewandelt würden, glaubt *Voit* aus jüngst gemachten ähnlichen Beobachtungen an Hunden gerade das directe Gegentheil schliessen zu dürfen. Es scheint also Jedermanns subjectivem Gefühl überlassen bleiben zu müssen, ob er nach dem ausserordentlich schnellen Erscheinen von Harnstoff im Harn nach Fleischgenuss glauben will, dass die Albuminate sich sogleich im Blute bis zu Harnstoff zersetzen, oder ob trotz aller Schnelligkeit ihres Durchgangs durch den Körper jedes Atom Albuminat erst in ein Gewebsatom umgewandelt werden müsse, ehe es zur Wiederausscheidung gelange.

Voit hat übrigens in mehrern Reihen sorgfältiger Versuche nachgewiesen, dass die Menge des durch den Harn ausgeschiedenen Harnstoffs schon in der ersten Stunde nach Einnahme der Nahrung zunimmt und stetig bis zur siebenten Stunde wächst, bis zur 16. Stunde aber höher bleibt, als beim Hungern.

Allgemeine Resultate der Inanitionsversuche.

Die Erfahrungen, welche man an Thieren, denen alle feste Nahrung entzogen wurde, gemacht hat, können nur zur Bestätigung mehrerer der oben ausgesprochenen Sätze dienen. Die Resultate der besten und genauesten solcher Versuche sind folgende: Der Gesammtgewichtsverlust welchen ein verhungerndes Thier bis zu seinem Tode erleidet, ist je nach der Thiergattung verschieden; die Thiere verenden, wenn sie 31 bis 52 % von ihrem Körpergewichte verloren haben.

Körpergewichtsverlust.

Fleischfressende Säugethiere (z. B. Katzen) verlieren, ehe sie zu Grunde gehen, 51,7 % ihres Körpergewichts; da sie etwa noch 18 Tage nach Entziehung aller Nahrung leben können, so kommt auf den täglichen Verlust an Körpergewicht = 2,87 %. Andere Thiere verlieren beim Verhungern durchschnittlich in 24 Stunden, 4,2 % an Körpergewicht; also geht innerhalb eines solchen Zeitraumes $\frac{1}{24}$ der Masse des Körpers verloren, was mit den oben angeführten Resultaten der Versuche mit gerade zureichender Fütterung ziemlich übereinstimmt. Vom ersten bis zum achten Tage sinkt (bei Katzen) das Körpergewicht ziemlich stetig, entsprechend der exspirirten Kohlensäuremenge; später fällt die Kohlensäureexcretion weniger als das Körpergewicht, nur an den zwei letzten Lebenstagen sinkt die Kohlenstoffausscheidung erheblicher dem Körpergewichtsverluste gegenüber (*Bidder* und *Schmidt*, *Chossat*, *Boussingault*).

Kohlensäureexcretion.

Nierensecretion.

Die Nierensecretion verringert sich dem Gewichtsverluste des Thiers gegenüber sehr erheblich, bleibt aber dann bis zum 16. Tage jenem fast genau proportional und sinkt gleich der Kohlensäureexcretion die zwei letzten Lebenstage bedeutend. Der Harn wird reicher an Phosphorsäure und Schwefelsäure, so wie auch an Extractivstoffen, die Chlorverbindungen verschwinden schon nach den ersten Tagen aus dem Harn. Das Verhältniss zwischen Phosphorsäure und Schwefelsäure bleibt übrigens während der ganzen Inanitionsdauer constant (*Bidder* und *Schmidt*).

Zahlenwerthe.

Da die der Inanition unterworfenen Fleischfresser (Katzen) in je 24 Stunden 2,16 % ihres Körpergewichts Kohlensäure und 1,6 % Wassergas perspiriren und 0,20% Harnstoff, 0,008% Schwefelsäure, 0,011% Phosphorsäure, 0,029% anorganische Harnbestandtheile, ferner 0,080% trockne Faeces (worin 0,020% Gallenresiduen) und 2,24% tropfbarflüssiges Wasser durch Nieren und Rectum ausscheiden: so lässt sich berechnen, dass durchschnittlich in genanntem Zeitraume an Muskelsubstanz = 0,611 % und an Fett = 0,422 % vom Körpergewichte der Zersetzung während der Inanition anheimfallen (*Bidder* und *Schmidt*).

Gewichtsverlust einzelner Organe bei der Inanition.

Aus den Bestimmungen des Gewichtsverlusts, welchen jedes einzelne Organ während des Verhungerns erleidet, geht hervor, dass der gesammte Verlust des Körpers hauptsächlich durch Zugrundegehen des Muskelgewebes, des Blutes und des Fettes bedingt wird. Nach besondern Berechnungen kommt von der Verminderung des Körpergewichts die Hälfte auf das Muskelgewebe, $^1/_4$ auf das Fett und $^1/_4$ auf alle übrigen Organe. So fand man z. B., dass bei den Katzen während einer 18tägigen Inanitionsdauer das Blut 93,7 % seines ursprünglichen Gewichts, das Fettgewebe 80,7% und die Muskeln 66,9% eingebüsst hatten (*Bidder* und *Schmidt*).

Stoffwechsel beim Verdursten.

Die Beobachtungen an Thieren, welchen alle flüssige Nahrung entzogen wurde, haben bis jetzt zu folgenden Resultaten geführt: die Thiere nehmen immer weniger feste Nahrung zu sich, daher die Excretionen sich auch erheblich vermindern. Während einer 12tägigen Verdurstungsperiode entleerte ein Hund am ersten Tage noch 60 grm. Harn, am siebenten Tage 24 grm. und am zwölften nur 7 grm.; die Haut schilfert sich ab, die Haare (bei Vögeln die Federn) fallen aus; die Excremente werden zäh oder hart. Die Menge der Ausgaben übersteigt bei weitem die der Einnahmen, daher die erhebliche Verminderung des Körpergewichts; Tauben verloren während der Entziehung des Wassers täglich 3,7% ihres Körpergewichts und nach 12- bis 13tägigem Dursten 4,6% desselben. Der grösste Theil der Abnahme des Körpergewichts fiel auch hier auf die Muskeln, die Haut und das Fett, während Gehirn, Augen und Milz keine wesentlichen Veränderungen darboten (*Bidder* und *Schmidt, Falck* und *Scheffer*).

Stoffwechsel bei der Entwicklung, dem Wachsthum und dem Feistwerden des Organismus.

Eine der wichtigsten Fragen, die Ernährungsverhältnisse des thierischen Organismus betreffend, bezieht sich auf die Ermittlung der Verhältnisse der Nahrung zum Stoffwechsel, wenn damit zugleich eine Vermehrung des Körpergewichts verbunden ist, also beim Wachsthum oder bei jenen Arten von Körpergewichtszunahmen, die man mit dem Namen des Fett- oder Feistwerdens belegt hat. Leider sehen wir der Beantwortung dieser Frage erst noch entgegen. Es liegen zwar bereits einige Versuchsreihen vor, welche sich mit diesem Gegenstande beschäftigen (*Boussingault, Playfair, Thompson, Payen* und *Gasparin, Persoz*): allein sie sind allzu ungnügend, als dass sie schon wegen der fortwährenden Schwankungen, welchen das Körpergewicht selbst unter ganz normalen Verhältnissen, d. h. der Ansatz und das Zugrundegehen von Gewebstheilen, unterliegen, bereits zu allgemeineren Schlussfolgerungen berechtigten. Selbst die Versuche über den Stoffwechsel im Ei während der Bebrütung sind noch zu spärlich oder zu wenig exact, als dass sie den Versuch, allgemeinere Schlüsse aus ihnen zu ziehen, rechtfertigten (*Prevost* und *Morin, Baudrimont* und *St. Ange*). Nur soviel sei hier noch erwähnt, dass einigen Versuchsreihen zufolge gewisse mit den Nahrungsmitteln in den Körper gebrachte Substanzen den Umsatz stickstoffhaltiger Materien verringern

Substanzen, welche die Energie des Stoffwechsels modificiren.

und daher möglicher Weise Anlass zu einem reichlichern Ansatz stickstoffhaltiger Gewebsmaterien geben, während andere, wie Chlornatrium oder reichlicher Genuss von Wasser, den Umsatz zu beschleunigen und den Ansatz zu beeinträchtigen scheinen.

Wenn die Lehre vom Ernährungsprocesse gerade die Spitze oder das Endziel aller physiologisch-chemischen Forschungen ist, so darf es uns nicht wundern, dass gerade dieses Capitel verhältnissmässig am wenigsten wissenschaftliche Ausbeute gegeben hat; denn alle bisherigen chemisch-physiologischen Untersuchungen gingen ja nur darauf hinaus, erst feste Unterlagen zu gewinnen, um diesen Process im Grossen und Allgemeinen erforschen und überschauen zu können. Wir sind aber in der Lehre von der Ernährung noch so weit zurück, dass wir uns begnügen mussten, um die Bilanzen zwischen Einnahmen und Ausgaben zu erforschen, nur wenigstens die Umrisse für ein Bild des Gesammtstoffwechsels zu gewinnen. Von der Zukunft müssen wir erst erwarten, dass der innere Austausch der Elemente beim Ernährungsprocesse, dass die einzelnen Glieder und Stadien desselben, dass der sogenannte intermediäre Stoffwechsel erforscht werde, ehe wir zu einer wissenschaftlich exacten Auffassung der chemischen Erscheinungen des Lebens gelangen können.

Register.

C.

F.

G.

H.

L.

M.

N.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

